

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-333538

(43)Date of publication of application : 22.11.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/13
C25D 13/00
C25D 13/12
C25D 13/22
G02B 6/12

(21)Application number : 2002-010240

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 18.01.2002

(72)Inventor : SHIMIZU TAKASHI
OTSU SHIGEMI
TANIDA KAZUTOSHI
AKUTSU HIDEKAZU

(30)Priority

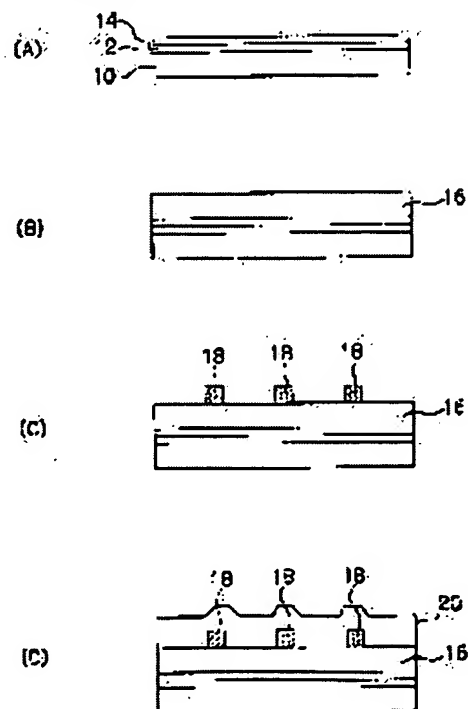
Priority number : 2001060242 Priority date : 05.03.2001 Priority country : JP

(54) OPTICAL WAVEGUIDE FORMING METHOD, ELECTRODEPOSITION LIQUID USED FOR IT, AND OPTICAL WAVEGUIDE MANUFACTURING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for easily manufacturing an optical waveguide with good accuracy and with sufficient mass-productivity by using an electrodeposition process or an optical electrodeposition process by which a fine pattern having excellent resolution can be easily formed and little harmful waste liquid is produced, and its manufacturing apparatus.

SOLUTION: This optical waveguide forming method contains a process for carrying out deposition formation of a material on a semiconductor thin film or an electrically conductive thin film by irradiating an optical semiconductor thin film with a light and applying voltage between the optical semiconductor thin film and a



counter electrode, or applying voltage between an electrically conductive thin film and the counter electrode, in a state where the optical waveguide manufacturing substrate with the electrically conductive thin film and the optical semiconductor thin film, or the electrically conductive thin film stacked on the insulating substrate is placed to an electrodeposition liquid of the water system including a film formation material in which solubility or diffusivity to the aqueous liquid is lowered by the change of pH so that the optical semiconductor thin film or the electrically conductive thin film may be brought into contact with the electrodeposition liquid, or the process which further transfers the deposited material to other substrates.

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]The optical waveguide production boards which laminated a conductive thin film and an optical semiconductor thin film on an insulating substrate at this order, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said optical waveguide production boards where it has arranged so that said optical semiconductor thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method which impresses voltage between an optical semiconductor thin film and a counterelectrode of the selected area, and includes a process of carrying out deposit formation of said material, by irradiating the selected area of said optical semiconductor thin film in the selected area of said semiconductor membrane.

[Claim 2]A film deposition board which laminated a conductive thin film, an optical semiconductor thin film, and stratum disjunctum on an insulating substrate at this order, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said film deposition board where it has arranged so that an optical semiconductor thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method which impresses voltage between an optical semiconductor thin film and a counterelectrode of the selected area, and includes a process of carrying out deposit formation of said material in the selected area of said semiconductor membrane, and a process of transferring material in which the above deposited on a substrate for optical waveguides, by irradiating the selected area of an optical semiconductor thin film.

[Claim 3]The optical waveguide formation method according to claim 1 or 2 characterized by forming a core layer using electrodeposition fluid for core layers without drying a formed cladding layer after forming a cladding layer using electrodeposition fluid for cladding layers.

[Claim 4]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 3 characterized by forming a cladding layer further on a core layer using electrodeposition fluid for cladding layers without drying a cladding layer and a core layer which were formed.

[Claim 5]By impressing voltage exceeding a Schottky barrier which an optical semiconductor thin film of optical waveguide production boards or a film deposition board has in formation of a cladding layer, without carrying out an optical exposure, The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 4 carrying out electrodeposition formation of the cladding layer to the whole surface.

[Claim 6]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 5, wherein optical waveguide production boards or a film deposition board forms an optical semiconductor thin film on a conductive substrate.

[Claim 7]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 6 with which a conductive material is chosen from iron and its compound, nickel and its compound, zinc and its compound, copper and its compound, titanium, its compound, and these mixed materials and which is a kind at least.

[Claim 8]The optical waveguide production boards which provided a conductive thin film or a conductive thin film of pattern state on an insulating substrate, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said optical waveguide production boards where it has arranged so that said conductive thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method including a process of impressing voltage between said conductive thin film and a counterelectrode, and carrying out deposit formation of said film formation material on said conductive thin film.

[Claim 9]A film deposition board which laminated a conductive thin film or a conductive thin film of pattern state, and stratum disjunctum on an insulating substrate at this order, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said film deposition board where it has arranged so that said conductive thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method which impresses voltage between said conductive thin film and a counterelectrode, and includes a process of carrying out deposit formation of said film formation material on said conductive thin film, and a process of transferring the aforementioned depositing film formation material on a substrate for optical waveguides.

[Claim 10]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 9, wherein film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when said pH changes is a polymer material.

[Claim 11]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 10 with

which said electrodeposition fluid for cladding layers is characterized by said electrodeposition fluid for core layers containing particles whose refractive index is higher than this polymer material and this polymer material including said polymer material.

[Claim 12]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 10 with which said electrodeposition fluid for core layers is characterized by said electrodeposition fluid for cladding layers containing particles whose refractive index is lower than this polymer material and this polymer material including said polymer material.

[Claim 13]Said electrodeposition fluid for cladding layers contains particles whose refractive index is lower than said polymer material and said polymer material, And the optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 10, wherein said electrodeposition fluid for core layers contains particles whose refractive index is higher than this polymer material and this polymer material.

[Claim 14]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 13 whose electrodeposited voltage said optical waveguide production boards are used as an anode electrode, and is less than 5V.

[Claim 15]The optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 14 which said film formation material is a polymer material, and is characterized by performing a process of heat-treating an optical waveguide at least after forming all the optical waveguides.

[Claim 16]It is electrodeposition fluid containing film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes, Electrodeposition fluid for using for the optical waveguide formation method according to any one of claims 1 to 15, wherein said film formation material is a polymer material which has a hydrophobic radical and a hydrophilic radical and has the number of hydrophobic groups in 30 to 80% of range of a total of a hydrophilic group and a hydrophobic group.

[Claim 17]The electrodeposition fluid according to claim 16 containing particles for refractive-index regulation.

[Claim 18]An image formation optical system which has a light source for irradiating with light, and the first image formation optical lens and the second image formation optical lens, A photo mask inserted between the first image formation optical lens and the second image formation optical lens, So that an optical semiconductor thin film may contact electrodeposition fluid, even if it is the optical waveguide manufacturing installation provided with a counterelectrode, a means by which bias voltage can be impressed, and an electrodeposited tub that stored electrodeposition fluid, and there are few said substrates for optical waveguide production or film deposition boards, An optical waveguide manufacturing installation for producing an optical waveguide by claim 1 thru/or claim 7 arranging to an electrodeposited tub, and a method according to any one of claims 10 to 15.

[Claim 19]So that a conductive thin film may contact electrodeposition fluid, even if it is the

optical waveguide manufacturing installation provided with a counterelectrode, a means by which bias voltage can be impressed, and an electrodeposited tub that stored electrodeposition fluid, and there are few said substrates for optical waveguide production or film deposition boards, An optical waveguide manufacturing installation for producing an optical waveguide by claim 8 or claim 9 arranging to an electrodeposited tub, and a method according to any one of claims 10 to 15.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the optical waveguide formation method which used the polymer material.

It can use for various optical waveguides which are general optics and the microoptics field and are used in the field of optical communications or optical information processing, an optical integrated circuit, or an optical wiring board.

[0002]

[Description of the Prior Art]As for the optical waveguide, inorganic materials, such as quartz, glass, and an oxide ferroelectric, a polymer material, etc. are used. The polymer material is suitable for producing an optical waveguide with easy thin film forming by spin coat method, a dip method, etc., and a large area as compared with an inorganic material in these. Since the heat treatment process in an elevated temperature is not included on the occasion of film formation according to this method, compared with inorganic glass materials, such as quartz, a polymer material has the advantage that heat treatments in an elevated temperature, such as a semiconductor substrate and a plastic plate, can produce an optical waveguide even on a difficult substrate. Production of the flexible optical waveguide which harnessed the pliability and the toughness of the polymer material is also possible. manufacturing in large quantities and cheaply optical waveguide parts, such as an optical integrated circuit used in the field of optical communications and an optical wiring board used in the field of optical information processing, from such a thing using the polymer material for optics is expected. Although the polymer material for optics has a problem in respect of resistance to environment, such as heat resistance and moisture resistance, the improvement is progressing in recent years. The method using photosensitive polymers or resist is dramatically simple, and excellent also in

mass production nature.

[0003]However, since the solid polymer material was conventionally used at the room temperature as a photosensitive material, When the thick film was used, dispersion in an ultraviolet region or a visible region increased, the light transmission characteristic deteriorated, the reliability of the pattern especially in a thick film was low, and since the resolution at the time of hardening worsened, it had had an adverse effect also on the loss of the produced optical waveguide. Since it was not considered in reduction of the absorption loss of material, etc. about transparency, it had the fault that a waveguide loss was also high. For this reason, the optical component produced using such a photosensitive material was insufficient from the field of practicality. How to patternize at a room temperature, using solid not a polymer material but liquefied photo-setting resin as a means to solve this was able to be considered. However, since this material was liquid, after applying resin, coating film thickness was not able to change, and it was not able to produce an optical waveguide with sufficient controllability with sufficient reproducibility. Furthermore the method using a photosensitive material took time and effort, such as an etching process, and there was a difficulty that it is generated in large quantities by harmful alkali waste, and also a man day increases.

[0004]On the other hand, although the image formation method which was excellent in resolution when this invention persons did electrodeposition or photoelectrical arrival by low voltage application using the electrodeposition material which contains a coloring matter previously, and the manufacturing method of the light filter were provided, These are indicated in detail by JP,10-119414,A, JP,11-189899,A, JP,11-15418,A, JP,11-174790,A, JP,11-133224,A, JP,11-335894,A, etc. Although these image formation methods and the manufacturing method of a light filter make it the feature to form a coloring layer with sufficient resolution by a simple method, they are mainly art applied in the field of displays, such as a liquid crystal display. On the other hand, an optical waveguide is the art in fields, such as optical communications.

Differ from the field of a display and also as mentioned above an optical waveguide, The actual condition is that the trial which it is produced by carrying out micro processing of dielectric materials or the photosensitive material through the complicated process that the photolithographic method is included, and is going to produce an optical waveguide with the electrodeposition process which does not use complicated processes, such as the photolithographic method, is not made.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]This invention is made in view of such the actual condition, and the purpose, Minute pattern formation excellent in resolution can be performed simply, and it is in providing the method of producing an accurate optical waveguide with

sufficient mass production nature simple again, and its device by using an electrodeposition process or a photoelectrical arrival method with little harmful waste fluid.

[0006]

[Means for Solving the Problem] Said technical problem is solved by providing electrodeposition fluid and an optical waveguide manufacturing installation the following optical waveguide formation method and for it.

(1) The optical waveguide production boards which laminated a conductive thin film and an optical semiconductor thin film on an insulating substrate at this order, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said optical waveguide production boards where it has arranged so that said optical semiconductor thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method which impresses voltage between an optical semiconductor thin film and a counterelectrode of the selected area, and includes a process of carrying out deposit formation of said material, by irradiating the selected area of said optical semiconductor thin film in the selected area of said semiconductor membrane.

(2) A film deposition board which laminated a conductive thin film, an optical semiconductor thin film, and stratum disjunctum on an insulating substrate at this order, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said film deposition board where it has arranged so that an optical semiconductor thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method which impresses voltage between an optical semiconductor thin film and a counterelectrode of the selected area, and includes a process of carrying out deposit formation of said material in the selected area of said semiconductor membrane, and a process of transferring material in which the above deposited on a substrate for optical waveguides, by irradiating the selected area of an optical semiconductor thin film.

[0007](3) The above (1) characterized by forming a core layer using electrodeposition fluid for core layers without drying a formed cladding layer after forming a cladding layer using electrodeposition fluid for cladding layers, or an optical waveguide formation method given in (2).

(4) The above (1) characterized by forming a cladding layer further on a core layer using electrodeposition fluid for cladding layers without drying a cladding layer and a core layer which were formed thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (3).

(5) By impressing voltage exceeding a Schottky barrier which an optical semiconductor thin film of optical waveguide production boards or a film deposition board has in formation of a cladding layer, without carrying out an optical exposure, The above (1) carrying out

electrodeposition formation of the cladding layer to the whole surface thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (4).

[0008](6) The above (1) for which optical waveguide production boards or a film deposition board is characterized by forming an optical semiconductor thin film on a conductive substrate thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (5).

(7) The above (1) in which a conductive material is chosen from iron and its compound, nickel and its compound, zinc and its compound, copper and its compound, titanium, its compound, and these mixed materials and which is a kind at least thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (6).

[0009](8) The optical waveguide production boards which provided a conductive thin film or a conductive thin film of pattern state on an insulating substrate, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said optical waveguide production boards where it has arranged so that said conductive thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method including a process of impressing voltage between said conductive thin film and a counterelectrode, and carrying out deposit formation of said film formation material on said conductive thin film.

(9) A film deposition board which laminated a conductive thin film or a conductive thin film of pattern state, and stratum disjunctum on an insulating substrate at this order, To electrodeposition fluid of a drainage system to include, film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes in the state of said film deposition board where it has arranged so that said conductive thin film may contact electrodeposition fluid at least. An optical waveguide formation method which impresses voltage between said conductive thin film and a counterelectrode, and includes a process of carrying out deposit formation of said film formation material on said conductive thin film, and a process of transferring the aforementioned depositing film formation material on a substrate for optical waveguides.

[0010](10) The above (1), wherein film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when said pH changes is a polymer material thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (9).

(11) The above (1) for which said electrodeposition fluid for cladding layers is characterized by said electrodeposition fluid for core layers containing particles whose refractive index is higher than this polymer material and this polymer material including said polymer material thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (10).

(12) The above (1) for which said electrodeposition fluid for core layers is characterized by said electrodeposition fluid for cladding layers containing particles whose refractive index is lower than this polymer material and this polymer material including said polymer material thru/or an

optical waveguide formation method given in any 1 of (10).

[0011](13) Said electrodeposition fluid for cladding layers contains particles whose refractive index is lower than said polymer material and said polymer material, And the above (1), wherein said electrodeposition fluid for core layers contains particles whose refractive index is higher than this polymer material and this polymer material thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (10).

(14) The above (1) whose electrodeposited voltage said optical waveguide production boards are used as an anode electrode, and is less than 5V thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (13).

(15) The above (1) which said film formation material is a polymer material, and is characterized by performing a process of heat-treating an optical waveguide at least after forming all the optical waveguides thru/or an optical waveguide formation method given in any 1 of (14).

[0012](16) It is electrodeposition fluid containing film formation material in which solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes, Electrodeposition fluid for using for an optical waveguide formation method the above (1), wherein said film formation material is a polymer material which has a hydrophobic radical and a hydrophilic radical and has the number of hydrophobic groups in 30 to 80% of range of a total of a hydrophilic group and a hydrophobic group thru/or given in any 1 of (15).

(17) Electrodeposition fluid given in the above (16) further characterized by including particles for refractive-index regulation.

[0013](18) An image formation optical system which has a light source for irradiating with light, and the first image formation optical lens and the second image formation optical lens, A photo mask inserted between the first image formation optical lens and the second image formation optical lens, So that an optical semiconductor thin film may contact electrodeposition fluid, even if it is the optical waveguide manufacturing installation provided with a counterelectrode, a means by which bias voltage can be impressed, and an electrodeposited tub that stored electrodeposition fluid, and there are few said substrates for optical waveguide production or film deposition boards, An optical waveguide manufacturing installation for producing an optical waveguide by a method of a statement to any 1 of the above (1) thru/or (7), (10) to the (15) arranging to an electrodeposited tub.

(19) it is the optical waveguide manufacturing installation provided with a counterelectrode, a means by which bias voltage can be impressed, and an electrodeposited tub that stored electrodeposition fluid -- said substrate for optical waveguide production, or a film deposition board -- so that a conductive thin film may contact electrodeposition fluid at least, An optical waveguide manufacturing installation for producing an optical waveguide by a method of a statement to any 1 of the above (8) or (9), (10) to the (15) arranging to an electrodeposited tub.

[0014]

[Embodiment of the Invention] This invention an optical waveguide Said JP,10-119414,A, JP,11-189899,A, It forms in JP,11-15418,A, JP,11-174790,A, JP,11-133224,A, JP,11-335894,A, etc. using the electrodeposition process or photoelectrical arrival method of a statement.

[0015] Fundamentally [this electrodeposition process] to what provided the conductive thin film of pattern state on the insulating substrate. In the state where it has arranged to the electrodeposition fluid of the drainage system containing the film formation material in which the solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes so that said conductor thin film may contact electrodeposition fluid at least. It is the method of impressing voltage between said conductive thin film and a counterelectrode, and depositing said material on said conductive thin film. A photoelectrical arrival method is a thing using the photoelectromotive force produced in an optical semiconductor thin film, What laminated the conductive thin film and the optical semiconductor thin film on the insulating substrate at this order, In the state where it has arranged to the electrodeposition fluid of the drainage system containing the film formation material in which the solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls when pH changes so that said optical semiconductor thin film may contact electrodeposition fluid at least. It is the method of impressing voltage between the optical semiconductor thin film and counterelectrode of the selected area, and depositing said material in the selected area of said semiconductor membrane, by irradiating the selected area of said optical semiconductor thin film.

[0016] The optical waveguide which has a detailed pattern can be formed with sufficient accuracy, without impressing high tension by using these electrodeposition processes and a photoelectrical arrival method (less than 5V). Although thickness needed to be controlled with sufficient accuracy to the substrate, and needed to be applied to it and there were problems, such as taking out alkali waste by etching, in the method of producing an optical waveguide using the conventional photopolymer, According to this invention, by adjusting optical irradiation time or voltage applying time, the thickness of a core layer and a cladding layer can control easily, and the etching process for pattern formation is also unnecessary, and the load to environment is also small.

[0017] Although the trial which produces the substrate consolidated with an electronic circuit and an optical circuit is made now, Although there is a possibility of feeling for the conventional method a pain [circuit / which or / which was formed previously] by etching at the time of patterning of the circuit formed in the next, since there is no etching process, such a problem is also avoided by the formation method of the optical waveguide by the photoelectrical arrival method of this invention. Thus, since production of the optical waveguide of this invention is a

simple method, it can fertilize and can apply in favor of manufacture of the optical waveguide type parts as which mass production nature is required. In addition, it is possible to apply to various optical waveguides used in general optics, the microoptics field, and the field of optical communications or optical information processing, an optical integrated circuit, or an optical wiring board.

[0018]How to use a photoelectrical arrival method and produce an optical waveguide first, is explained. On an insulating substrate, the optical waveguide production boards used by this method are a conductive thin film and an optical semiconductor thin film what was laminated in this order, and as an insulating substrate, A titanium oxide thin film etc. which a glass plate, a quartz plate, a plastic film, an epoxy group board, etc. describe below as an optical semiconductor thin film as a conductive thin film again in ITO, indium oxide, nickel, aluminum, etc. are used. To carry out an optical exposure through an insulating substrate at an optical semiconductor thin film, an insulating substrate and a conductive thin film need to be a light transmittance state. However, it is not this limitation when carrying out an optical exposure through electrodeposition fluid. With the electrodeposition process described below, since electrodeposition fluid is common, it is mentioned later collectively.

[0019]In the "selected area's" putting not only the partial region of optical waveguide production boards but a whole surface field in this invention, for example, forming a cladding layer in the whole surface to said substrate, it means carrying out an optical exposure on the whole surface. A core layer and/or a cladding layer are producible by the method of this invention. A core layer can be formed using the electrodeposition fluid for core formation, without drying the formed cladding layer, after forming a cladding layer using the electrodeposition fluid for clad formation in forming a cladding layer and a core layer in piles in this invention. Also when reverse, a certain thing is natural. A cladding layer can be further formed on a core layer using the electrodeposition fluid for clad formation, without drying the cladding layer and core layer which were formed as mentioned above, in using the layered product of a cladding layer-core layer-cladding layer. Since a cladding layer or a core layer is insulation when moisture is removed and it dries after photoelectrical arrival, Although a core layer or a cladding layer cannot be piled up by a photoelectrical arrival method on it, it becomes possible to maintain the conductivity of an electrodeposited film by things making it be the above, and other layers can be laminated on a core layer or a cladding layer.

[0020]In order to be a case where a cladding layer and a core layer are laminated and produced by the method of this invention and to form a cladding layer in the whole surface, Using the electrodeposition fluid for clad formation first, by carrying out an optical exposure in the selected area (whole surface) of said optical waveguide production boards or a film deposition board, A core layer can be formed in the selected area (core formation area) by carrying out an optical exposure using the electrodeposition fluid for core formation, without

drying the formed cladding layer, after forming a cladding layer. A cladding layer can also be further formed on a core layer by carrying out an optical exposure on the whole surface using the electrodeposition fluid for clad formation, without drying the cladding layer and core layer which were carried out in this way and formed (lower clad layer-core layer-upper clad layer). It is also possible to carry out electrodeposition formation of the cladding layer by impressing the voltage exceeding the Schottky barrier which the optical semiconductor thin film of optical waveguide production boards has, without carrying out an optical exposure, when forming the aforementioned cladding layer. By this method, an exposure process can be skipped and it becomes a simpler method. Here, the optical waveguide forming method of this invention is explained using figures. Drawing 1 (A) thru/or drawing 1 (D) show the formation process of the optical waveguide which forms a cladding layer all over a substrate. Drawing 1 (A) shows an example of optical waveguide production boards, 10 shows an insulating substrate, 12 shows a conductive film, and 14 shows an optical semiconductor thin film, respectively. Drawing 1 (B) is a figure showing the state where the cladding layer 16 (non-dryness) was formed by impressing the voltage exceeding the Schottky barrier which said optical semiconductor thin film has, without using the electrodeposition fluid for cladding layers on an optical semiconductor thin film, and carrying out a whole surface light exposure, or carrying out an optical exposure. Drawing 1 (C) shows the state where the core layer 18 was formed in the selected area, by using the electrodeposition fluid for core layers on the cladding layer in non-dryness, and carrying out an optical exposure in the selected area. The electrodeposition fluid for cladding layers is used for drawing 1 (D) on the core layer 18 of non-dryness, It is a figure showing the state where the cladding layer 20 (non-dryness) was formed by impressing the voltage exceeding the Schottky barrier which said optical semiconductor thin film has, without carrying out a whole surface light exposure, or carrying out an optical exposure. Then, each class is dried and it is considered as an optical waveguide.

[0021]Next, a cladding layer is explained using figures about the example of production of the optical waveguide which is not formed in the whole surface to optical waveguide production boards. Drawing 2 (A) thru/or drawing 2 (E) show the example of production of an optical waveguide in case the cladding layer is not provided in the whole surface to the substrate. Drawing 2 (A) shows the same optical waveguide production boards as drawing 1 (A). Drawing 2 (B) is a figure showing the state where used the electrodeposition fluid for cladding layers on the optical semiconductor thin film, and the lower clad layer 16 (non-dryness) was formed in the selected area by carrying out an optical exposure. Drawing 2 (C) shows the state where the core layer 18 was formed in the selected area, by using the electrodeposition fluid for core layers on the lower clad layer 16 in non-dryness, and carrying out an optical exposure in the selected area. Drawing 2 (D) uses the electrodeposition fluid for cladding layers for the side of the core layer 18 of non-dryness, and shows the figure which formed the flank cladding layer

17 in the selected area by carrying out an optical exposure. The electrodeposition fluid for cladding layers is used for drawing 2 (E) on the cladding layer 17 of non-dryness, and the core layer 18, and it shows the figure which formed the upper clad layer 20 in the selected area by carrying out an optical exposure.

[0022]In this mode, it is possible to form optical functional components, such as an optical waveguide and a microlens array, by performing the still more nearly same photoelectrical arrival process into the portion in which a cladding layer does not exist to optical waveguide production boards. Since it is good and accuracy becomes flat in the optical waveguide upper part, the optical waveguide obtained becomes easy [providing an optical functional component in the upper part of an accurate optical waveguide by another process].

[0023]In said photoelectrical arrival method, what provided the optical semiconductor thin film on the conductive substrate may be used as an optical waveguide production board. As a material of a conductive substrate, as being chosen from iron and its compound, nickel and its compound, zinc and its compound, copper and its compound, titanium, its compound, and these mixed materials, a kind can be used as it is few. If it is considered as a conductive substrate, a conductive plastic film can also be used. When an optical semiconductor is titanium oxide or a zinc oxide, it is formed by a method like the after-mentioned, and also an optical semiconductor thin film can be formed on the surface of a board by oxidizing the surface of the board of titanium metal or metal zinc. In this case, optical waveguide production boards or a film deposition board will comprise a conductive substrate and an optical semiconductor thin film on it. Cheap methods, such as heating-at-high-temperature processing in the air and anodizing, can be used for oxidation treatment, and it becomes possible to form light transmittance state semiconductor membrane, without using expensive sputtering process. As for the portion which is not performing oxidation treatment of the substrate metal board, it is desirable to perform insulator layer processing in order to avoid unnecessary electrodeposited film formation.

[0024]Next, how to produce an optical waveguide using an electrodeposition process is explained. In this method, the optical waveguide production boards which provided the conductive thin film or the conductive thin film of pattern state on the insulating substrate are used, In the state where it has arranged to the electrodeposition fluid of the drainage system containing the film formation material in which the solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls this when pH changes so that said conductive thin film may contact electrodeposition fluid at least. Voltage is impressed between said conductive thin film and a counterelectrode, and said material is deposited on said conductive thin film. As an insulating substrate, the same thing as the case of a photoelectrical arrival method can be used. The method of patternizing a conductive thin film with a conventional method, or leaving only a portion required for a conductive substrate, applying an insulator layer, and having a

conductive part of pattern state exposed may be used for the conductive thin film of pattern state. A cladding layer or a core layer is producible with an electrodeposition process using these substrates.

[0025]Next, how to transfer the optical waveguide formed as mentioned above to other substrates is explained. First, how to transfer the optical waveguide produced by the photoelectrical arrival method like the above to the substrate for optical waveguides is explained. The optical waveguide produced by the photoelectrical arrival method, a core layer independent, cladding layer independence or a cladding layer, and a core layer can be transferred to other substrates. The substrate which functions also as a cladding layer can be used as this substrate. The number of whole processes including an electrodeposition process can be reduced by doing in this way. However, a core layer and a cladding layer are independently created by electrodeposition, and since transfer will be repeated when forming an optical waveguide by repeating transfer, a possibility that a loss and waveguide shape of the interface of a core layer and a cladding layer will collapse increases a little. As a substrate for optical waveguides which can use the glass substrate and epoxy group board which are usually used as a substrate for optical waveguides, and functions also as a cladding layer, Polyolefin films, such as polyethylene, polyester film, a polycarbonate film, an acrylic resin film, a fluorination polymer film, etc. can be used.

[0026]The mode which transfers to a substrate the optical waveguide produced using drawing 3 (A) thru/or (F) is explained. Drawing 3 (A) shows an example of a film deposition board, an insulating substrate and 12 show a conductive thin film, 14 shows an optical semiconductor thin film, and, as for 10, 13 shows stratum disjunctum, respectively. Using this film deposition board, as drawing 2 (B) thru/or (E) were explained, form the lower clad layer 16, the core layer 18, the flank cladding layer 17, and the upper clad layer 20 (refer to drawing 3 (B) thru/or (E)), and it ranks second, The substrate 30 is carried in piles on the upper clad layer 20, and heat pressing processing is carried out. Then, it exfoliates between stratum disjunctum and a lower clad layer, and is considered as an optical waveguide (refer to drawing 3 (F)).

[0027]The cladding layer or core layer produced with the electrodeposition process can also be transferred to other substrates, and it is advantageous in this case to use a thing with the function of a cladding layer as this substrate. A core layer is formed in drawing 4 (A) thru/or (D) with an electrodeposition process, and the mode which transfers this to the substrate which functions also as a cladding layer is shown. Ten show an insulating substrate among drawing 4 (A), 12 shows the conductive thin film of pattern state, and 13 shows stratum disjunctum, respectively. Next, the core layer 18 is formed on the conductive thin film 12 of pattern state as mentioned above (refer to drawing 4 (B)), it piles up on the core layer which was able to obtain the substrate 32 which functions also as a cladding layer, heat pressing processing is performed, and it exfoliates between stratum disjunctum and a core layer after that (refer to

drawing 4 (C)). Then, the substrate 34 which functions also as a cladding layer of one more sheet is put on the surface of the core layer 18, heat pressing processing is performed similarly, and it is considered as an optical waveguide (refer to drawing 4 (D)).

[0028]In said photoelectrical arrival method and an electrodeposition process, since stratum disjunctum is provided in the film deposition board, when transferring an optical waveguide etc. to a substrate, it is not necessary to apply big heat and pressure, and a substrate, an optical waveguide, etc. are not damaged. As for stratum disjunctum, what critical surface tension is 30 or less dyne/cm, and does not affect electrodeposited current is preferred. Specifically, the commercial fluoro-resin spray for water proof, etc. can be used. Silicon resin and a silicone oil can also be used. Thin films, such as unsaturated fatty acid, such as oleic acid, are also still more preferred.

[0029]In said photoelectrical arrival method and an electrodeposition process, the thing of a different refractive index as said film formation material is used, and also regulation of the refractive index of a cladding layer and a core layer can be performed by adding the particles for refractive-index regulation to electrodeposition fluid, or combining these etc. This is indicated in the part of explanation of electrodeposition fluid.

[0030]Hereafter, the electrodeposition fluid for optical waveguide formation used with an above-mentioned photoelectrical arrival method and electrodeposition process is explained in detail. The electrodeposition fluid of this invention includes the film formation material in which the solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls, when pH changes at least. Alone, if one or more kinds of materials have such electrodeposition nature, even if it distributes various charges of a refractive-index control material without thin-film-forming capability in electrodeposition fluid, it will be incorporated into said electrodeposition nature material at the time of film formation, and will be fixed in an optical waveguide.

[0031]When pH changes, when the pH of liquid changes, as a film formation material in which the solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls, it is preferred like a carboxyl group or an amino group that the substance which has in the molecule a basis (ionic group) from which the ionic dissociation nature changes is included. However, said material does not necessarily have indispensable existence of an ionic group. The polarity of ion is not asked, either.

[0032]As for the film formation material in which the solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls, when pH changes, it is preferred that it is a polymer material which has such character from viewpoints of the mechanical strength of a thin film (optical waveguide), etc. As such a polymer material, the polymer material (ionic polymer) which has an ionic group as mentioned above is mentioned. Said ionic polymer needs to have sufficient solubility or dispersibility to a drainage system fluid (the drainage system fluid which performed pH regulation is included.), and to have a light transmittance state.

[0033]In order to give the function in which the solubility thru/or dispersibility over an aqueous liquid falls by change of pH, It is preferred to have a hydrophilic group and a hydrophobic group in a molecule, and it is preferred as a hydrophilic group that ionization possibility groups (only henceforth an "ionization group"), such as a carboxyl group (anionic group) and an amino group (cationic group), are introduced. For example, in the case of the polymer material which has a carboxyl group, in an alkaline region, a carboxyl group will be in a dissociation state, and pH dissolves in an aqueous liquid, and a dissociation state disappears in acidic regions, and solubility falls and deposits.

[0034]The basis which is carrying out ionic dissociation by change of the above pH losing ionicity by existence of the hydrophobic group in said polymer material, and an interval have given the function to deposit a film in an instant to the polymer material. In the optical waveguide formation method of this invention mentioned later, this hydrophobic group has the capability to adsorb refractive-index control particles, and gives a good distributed function to a polymer. A hydroxy group other than an ionization group, etc. can be mentioned as a hydrophilic group.

[0035]What has the number of the hydrophobic groups in the polymer which has a hydrophobic group and a hydrophilic group in 30 to 80% of range of the total of a hydrophilic group and a hydrophobic group is preferred. The number of hydrophobic groups less than 30% of thing of the total of a hydrophilic group and a hydrophobic group, Are easy to remelt the formed film, and a membranous water resisting property and film strength may be insufficient, and when the total of a hydrophilic group and a hydrophobic group has the number of hydrophobic groups larger than 80%, Since the solubility of the polymer to a drainage system fluid becomes insufficient, electrodeposition fluid becomes muddy, the sediment of material arises or the viscosity of electrodeposition fluid rises easily, it is desirable that it is in the aforementioned range. The number of hydrophobic groups to the total of a hydrophilic group and a hydrophobic group is 55 to 70% of range more preferably. The membranous deposit efficiency of especially the thing of this range is high, and its acidity or alkalinity of electrodeposition fluid is also stable. Film formation is possible in electrodeposited potential with a low photoelectromotive-force grade.

[0036]As said polymer material, that to which copolymerization of the polymerization nature monomer which has a hydrophilic group, and the polymerization nature monomer which has a hydrophobic group was carried out is mentioned, for example. Although these derivatives, such as methacrylic acid, acrylic acid, methacrylic acid hydroxyethyl, acrylamide, a maleic anhydride, fumaric acid, propiolic acid, and itaconic acid, are used as a polymerization nature monomer containing a hydrophilic group, it is not limited to these. Especially, especially methacrylic acid and acrylic acid have the high film deposition efficiency by a pH change, and are a useful hydrophilic monomer. The polymerization nature monomer material, the alkene,

styrene, alpha-methylstyrene containing a hydrophobic group, Although these derivatives, such as alpha-ethylstyrene, methyl methacrylate, butyl methacrylate, acrylonitrile, vinyl acetate, ethyl acrylate, butyl acrylate, and lauryl methacrylate, are used, it is not limited to these. Since especially styrene and alpha-methylstyrene have strong hydrophobicity, they are a useful hydrophobic monomer that it is easy to acquire the hysteresis characteristic over remelting. The copolymer which uses acrylic acid or methacrylic acid as a hydrophilic group content monomer, and uses styrene or alpha-methylstyrene as a hydrophobic group content monomer as a polymer material used in the optical waveguide formation method of this invention is used preferably.

[0037]The polymer material used in the optical waveguide formation method of this invention, It is the polymer material to which copolymerization of the polymerization nature monomer which contains such a hydrophilic group and a hydrophobic group, respectively was preferably carried out so that the rate of the number of the hydrophilic groups and hydrophobic groups in polymers might serve as a ratio like the above, and the kind of each hydrophilic group and hydrophobic group is not limited to one sort.

[0038]In the optical waveguide formation method of this invention, after forming all the optical waveguides, it is preferred to perform the process of heat-treating an optical waveguide at least. The transmission loss of an optical waveguide can be reduced by performing such processing. Here, "all the optical waveguide" refers to one or more of all the optical waveguides, when forming one or more optical waveguides (for example, the core layer of one or more layers and the cladding layer of one or more layers). "After forming", "after carrying out deposit formation of the optical waveguide", it means in the optical waveguide formation method using what formed the optical waveguide in optical waveguide production boards with the electrodeposition process (light) as an optical waveguide as it is. However, since it is preferred to perform said heat-treatment after the water which an optical waveguide contains is removed, it means, after usually passing through the drying process which removes this water. In the optical waveguide formation method which transfers to the substrate for optical waveguides with a replica method, it means, "after transferring an optical waveguide to the substrate for optical waveguides."

[0039](Light) Although moisture is usually slightly incorporated into the film, therefore the process of drying the optical waveguide after deposit formation and removing the moisture in a film is performed, the optical waveguide which carried out deposit formation with the electrodeposition process, When moisture falls out, a film defect (for example, pinhole) arises in an optical waveguide, and it is presumed that this enlarges transmission loss of an optical waveguide. Said defect is restored by this heat-treatment in this invention, the surface roughness in the optical waveguide surface, or a core / clad interface is improved further, and it is thought that it becomes possible to reduce transmission loss.

[0040]Said heat-treatment should just be the heat-treatment which the transmission loss of the optical waveguide after heat treatment reduces compared with heat treatment before, and there is no restriction in particular in cooking temperature and cooking time. The cooking temperature can take into consideration the glass transition temperature of the polymer material used as a film formation material, flow beginning temperature, etc. In order to perform said heat-treatment efficiently, it is preferred to heat more than the flow beginning temperature of a polymer material. Said flow beginning temperature means the "outflow starting temperature" indicated to the polymers material testing method (14,364-369 pages of "polymers engineering lectures", Society of Polymer Science,Japan edit, Chijin Shokan Co., Ltd., Showa 38). The flow beginning temperature of the polymer material used by this invention is a **** thing in general at the range of 50-200 **, and what is in the range of 110-130 ** still more preferably 80-150 ** preferably is desirable. If it pressurizes to an optical waveguide in the case of heat-treatment, it is possible to shorten cooking time or to make cooking temperature low.

[0041]It can be considered as the polymer material which can construct a bridge by introducing a cross-linking group, a bridge can be heat-treated and constructed over the polymer material used in this invention after optical waveguide formation, and the mechanical strength and heat resistance of an optical waveguide can be raised to it.

[0042]As a cross-linking group, an epoxy group, a block isocyanate group (the basis which may change to an isocyanate group is included), a cyclo carbonate group, a melamine group, etc. are mentioned. Therefore, that to which copolymerization of the polymerization nature monomer which has a cross-linking group, for example, the polymerization nature monomer which has a hydrophilic group, and the monomer which has a hydrophobic group was carried out as said polymer material is used suitably. As a polymerization nature monomer which has said cross-linking group, they are glycidyl (meta) acrylate, acrylic acid (meta) azide, and the methacrylic acid 2, for example. - (O-) [1'-methylpropylideneamino] Carboxyaminoethyl (the Showa Denko [K.K.] make, a trade name: currant MO1-BN), 4-(meta) (acryloyl oxymethyl) ethylene carbonate, acryloyl (meta) melamine, etc. are mentioned. although these cross-linking monomers change also with kinds of monomer to be used -- general -- 1-20-mol % in an electrodeposition nature high molecular compound -- it is contained.

[0043]The degree of polymerization of said polymer material serves as a polymer material in which the thing of 6,000 to 25,000 obtains a good film deposition film. A degree of polymerization is the material of 9,000 to 20,000 more preferably. It will become easy to remelt if a degree of polymerization is lower than 6,000. If a degree of polymerization is higher than 25,000, the solubility to a drainage system fluid becomes insufficient, a fluid will become muddy, or the sediment will have arisen enough, and a problem will be produced.

[0044]When said polymer material has anionic groups, such as a carboxyl group, as for the

acid value of this polymer material, in the range of 300, the good electrodeposited characteristic is obtained from 60. The range of 90 to 195 is especially more preferred. If said acid value is smaller than 60, the solubility to a drainage system fluid becomes insufficient, it will become impossible to raise the solids concentration of electrodeposition fluid to an appropriate value, and a fluid will become muddy, a sediment will arise, or liquid viscosity will rise, and a problem will arise. Since it will be easy to remelt the formed film if acid value exceeds 300, said range is suitable.

[0045]As for said polymer material, it is preferred that acidity-or-alkalinity change which generates a supernatant fluid from a solution state or a dispersion state, and forms a precipitate arises in less than two pH range fields according to change of the pH value of the electrodeposition fluid which it is dissolving. An electrodeposited film's depositing becomes that the aforementioned pH range field is less than two possible in an instant also to a steep pH change, and the cohesive force of the electrodeposited film which deposits is high, and the effect of the remelting speed to electrodeposition fluid decreasing is excellent. And the optical waveguide which has low transmission loss and high resolution is obtained by this. When said pH range field is larger than 2, the fall of the electrodeposition rate for obtaining sufficient diaphragm structure, waterproof lack (the fall of resolution is caused) of an electrodeposited film, etc. take place easily. In order to obtain the more desirable characteristic, said pH range field is less than one.

[0046]As for the electrodeposition fluid in the state where the polymer material like the above dissolved, it is preferred to have further the characteristic of being hard to remelt, besides the change of state which forms a precipitate to change of a pH value arising steeply. This characteristic is called what is called hysteresis characteristic, in the case of an anionic polymer material, when pH falls, a deposit takes place rapidly, for example, but even if pH rises, things which remelting does not take place rapidly but are done for the fixed time maintenance of the separation state, such as at for example, the time of an electrodeposited end, etc., are meant. On the other hand, even if pH rises slightly, solubility rises, and what does not show a hysteresis characteristic tends to remelt a deposit film.

[0047]The polymer material which has the characteristic like the above is obtained by adjusting suitably the balance of a hydrophilic group, the kind of hydrophobic group and a hydrophilic group, and a hydrophobic group, acid value, a molecular weight, etc. Unless the formation effect of a thin film is spoiled, the polymer material included in the electrodeposition fluid of this invention, Material which was described in the top can be combined arbitrarily and the mixture of a heteropolarity molecule like the mixture of a like-pole nature child like the mixture of two or more kinds of anionic molecules or the mixture of an anionic molecule and a cationic molecule is mentioned.

[0048]Next, the conductivity of electrodeposition fluid is explained. If electrodeposited speed of

conductivity is regood, the more it relates to the amount of electrodeposition and conductivity becomes high, the thickness of the electrodeposited film adhering to fixed time will become thick, and, the more it will be saturated with about 20 mS/cm. Therefore, only with a polymer material, when conductivity is insufficient, electrodeposited speed can be controlled by adding the ion which does not affect electrodeposition, for example, NH_4^{4+} ion, and Cl^- ion. Usually, electrodeposition fluid adds a supporting electrolyte and raises conductivity. As for the supporting electrolyte generally used in electrochemistry, tetra-alkyl ammonium salt, such as alkali metal salt, such as NaCl and KCl , ammonium chloride, ammonium nitrate, tetraethylammonium perchlorate (Et_4NClO_4), is used. This invention can also use these supporting electrolytes. However, in order that an alkaline metal may have an adverse effect on the characteristic of a thin film transistor, when forming an optical waveguide in the substrate which provided the thin film transistor in piles, the electrodeposition fluid containing this cannot be used. In such a case, then, ammonium salt, such as NH_4Cl and NH_4NO_3 , It is preferred to use tetra-alkyl ammonium salt, such as Et_4NClO_4 , $\text{n-Bu}_4\text{NClO}_4$, Et_4NBF_4 , Et_4NBr , and $\text{n-Bu}_4\text{NBr}$. Even if such a compound exists during electrodeposition, it does not have an adverse effect on transistor characteristics.

[0049] Though the pH of electrodeposition fluid is also natural, formation of a thin film is influenced. For example, if electrodeposited on the conditions that an electrodeposited nature child's solubility is saturated, before thin film forming, after thin film forming, it will be hard to remelt. However, if a film is formed by the pH of the solution of an unsaturation state, even if a thin film is formed, just as it stops an optical exposure, a film will begin to remelt. Therefore, since it is more desirable to form a thin film by the pH of the solution that solubility is saturated, it is necessary to use acid and alkali for desired pH and to adjust electrodeposition fluid.

[0050] It is the range of the refractive indicees 1.45-1.6, they are transparent at a separation state, and since the electrodeposition nature polymers explained above do not have the absorption in the wavelength of 0.8-1.6 micrometers used for an optical waveguide, they are preferred as an optical waveguide material. Since ultraviolet rays are not absorbed in the state where it dissolved in water as electrodeposition fluid, either, it can irradiate with pattern ultraviolet rays to an optical semiconductor through electrodeposition fluid. Since it can be electrodeposited with the low voltage not more than 5V in a pan, it is possible to form an electrodeposited pattern according to the photoelectromotive force by an optical semiconductor.

[0051] For example, when forming a core layer and a cladding layer using the same electrodeposition nature polymers, the method of making the refractive index of a core layer and a cladding layer produce a difference is as follows. ** using the thing containing the electrodeposition nature polymers like the above as electrodeposition fluid for cladding layers -

- on the other hand -- as the electrodeposition fluid for core formation -- said electrodeposition nature polymers -- in addition, use what distributed the particles whose refractive index is higher than said electrodeposition nature polymers. ** using the thing containing the electrodeposition nature polymers like the above as electrodeposition fluid for core layers -- on the other hand -- as the electrodeposition fluid for clad formation -- said electrodeposition nature polymers -- in addition, use what distributed the particles whose refractive index is lower than said electrodeposition nature polymers. ** as the electrodeposition fluid for core layers -- the electrodeposition nature polymers like the above -- in addition -- using what distributed the particles whose refractive index is higher than said electrodeposition nature polymers -- and -- as the electrodeposition fluid for cladding layers -- said electrodeposition nature polymers -- in addition, use what distributed the particles whose refractive index is lower than said electrodeposition nature polymers. It is also possible to adjust the refractive index of a cladding layer and a core layer by using the particles further for refractive-index adjustment for this suitably, using the electrodeposition nature polymer material in which refractive indices differ two sorts.

[0052]Next, the particles for the refractive-index adjustment of a layer added to electrodeposition fluid are explained. As number average particle diameter of said particle, from a viewpoint of the dispersibility to electrodeposition fluid, and the transparency of an electrodeposited film, 0.2-150 nm is preferred and 2-20 nm is more preferred. If the cost at the time of manufacture will become high if it is less than 0.2 nm, and the stable quality may not be acquired and said number average particle diameter exceeds 150 nm (namely, 1/10 [1.5-micrometer] which is a wavelength range used by communication), the fall of transparency and internal scattered reflection will be caused and internal loss will increase. Titanium oxide, a zinc oxide, etc. are mentioned as particles of the high refractive index applied to the electrodeposition fluid for core layers, and materials, such as a fluorine compound represented by magnesium flux as particles of the low refractive index applied to the electrodeposition fluid for cladding layers, are mentioned.

[0053]Next, the optical semiconductor thin film in this invention is explained. As an optical semiconductor thin film used for a photoelectrical arrival method, fundamentally, if it is a transparent thin film semiconductor which generates electromotive force by optical exposure, all can be used. Specifically, there are GaN, a diamond, c-BN, SiC, ZnSe, TiO_2 , ZnO, etc. as said semiconductor. Since absorption does not spread titanium oxide on 400 nm or less especially, it is used preferably. As a method of providing titanium oxide semiconductor membrane, a substrate has methods, such as a thermal oxidation method, SUPPATA Ling's method, electron beam evaporation method (the EB method), the ion plating method, and a sol gel process, and what has the good characteristic as an n-type semiconductor is obtained by these methods. However, the case of a heat-resistant low thing, for example, a plastic film, and when

a substrate forms an optical waveguide in the substrate which provided TFT in piles, it needs to choose the forming-membranes method do not have an adverse effect on a plastic film or TFT. Although the sol gel process can form titanium oxide with optical activity high as an optical semiconductor, In order to make it sinter at 500 degrees, it is difficult to produce titanium oxide membrane on the case where a plastic film substrate only with the heat resistance which is about 200 °C is used, and the substrate which provided TFT which cannot be heated at not less than 250 °C. Therefore, when using a plastic film substrate, the sputtering process which is a method for film deposition with possible and being 200 degrees or less and producing a film at low temperature if possible if it can do, and a comparatively small damage to a substrate, especially the RF weld slag CHINGU method are used preferably. (Since an electron beam method and the ion plating method heat a substrate at around 200 °C, they are not preferred.)

[0054]In using the substrate which provided TFT, use sputtering and an electron-beam-heating method, or. Or the coating liquid for thin film forming which distributed photocatalyst-titanium-oxide particles, such as TOTO, LTD. and Nippon Soda (Co., Ltd. etc.), is used, and the methods (the lift-off method using photoresist, etc.) of forming a titanium oxide thin film at low temperature are applied. Photoelectromotive force that it is preferred using the RF weld slag CHINGU method for forming an anatase type titanium oxide thin film with high optical activity and high is acquired. The thickness of an optical semiconductor thin film is a range from which the characteristic with the good range of 0.05 to 3 micrometers is obtained. Since the absorption of light becomes insufficient in less than 0.05 micrometer easily, and membrane formation nature, like a crack arises on a film will worsen easily if it exceeds 3 micrometers, said range is suitable. In the case of titanium oxide or a zinc oxide, an optical semiconductor thin film can produce like the above the substrate which provided the optical semiconductor thin film in the surface by oxidizing the board of titanium or zinc.

[0055]Next, the optical waveguide manufacturing installation of this invention is explained. In the photoelectrical arrival method of this invention, although the method in particular of irradiating an optical semiconductor thin film selectively is not limited and laser exposure besides [which uses a photo mask] a method is mentioned, it is preferred to use a photo mask in terms of accuracy and handling. Drawing 5 is a key map showing the optical waveguide manufacturing installation which forms an optical waveguide by a photoelectrical arrival method using a photo mask. A light source (not shown) for the optical waveguide manufacturing installation shown by drawing 5 to irradiate with ultraviolet rays, and the first image formation optical lens 72, The image formation optical system which has the second image formation optical lens 73, It has the means 90 for the voltage impressing like the photo mask 71 inserted between the first image formation optical lens and the second image formation optical lens, the electrodeposited tub 80 which stored electrodeposition fluid, and a

potentiostat, the counterelectrode 91, and the reference electrode 92 like a saturated calomel electrode. It is also possible to replace with said image formation optical system in the aforementioned optical waveguide manufacturing installation, and to use a mirror catoptric system. And as drawing 5 shows, they are used for it, making said device arrange optical waveguide production boards to an electrodeposited tub. By using the projection optical system like the above, image formation of the pattern exposure can be carried out to an optical semiconductor thin film, and the resolution of an optical waveguide can be raised by short exposure time.[0056]It is preferred that the distance of the image formation optical lens of said image formation optical system and the substrates face of a light transmittance state shall be 1 mm - 50 cm in terms of handling, and, as for the depth of focus of an image formation optical system, it is preferred from a point of accuracy and handling that it is the range of 10^{**} - 100^{**} micrometers.

[0057]When the photo mask and the optical semiconductor thin film are close, it is not necessary to use the device provided with the exposure device which has the image formation optical system and mirror catoptric system like the above, and an optical exposure can be carried out with a parallel beam or a stuck type exposure device. As a source of irradiation light, the source of uniform irradiation light of Hg-Xe can be used. For example, as shown in drawing 6, using the source 75 of Hg-Xe uniform irradiation light, $****$ contiguity is carried out at an oil level, the photo mask 71 is placed, and detailed pattern formation becomes possible by arranging optical waveguide production boards near said photo mask. In this case, the thing shallow if possible of the depth of water of the electrodeposition fluid on optical waveguide production boards is desirable. In addition, when exposing to an optical semiconductor thin film through an insulating substrate, the pattern excellent in resolution is obtained by an insulating substrate's being 0.2 mm or less, and preventing diffraction of light, and sticking a photo mask to this board, and exposing. As an insulating substrate of 0.2 mm or less, a plastic film is used suitably.

[0058]Of course, if a long time may be sufficient as exposure time, the optical exposure is possible also by a cheap scanning laser writing device. Drawing 7 is a key map showing the device which carries out an optical exposure by a laser beam in the selected area. It has the means 90 for the voltage impressing like the scanning laser writing device 78 for the laser beam exposure of helium-Cd laser etc., the electrodeposited tub 80 which stored electrodeposition fluid, and a potentiostat, the counterelectrode 91, and the reference electrode 92 like a saturated calomel electrode. In addition, if it is a range which pattern resolution allows, it is usable also in a cheaper proximity type exposure device. In a photoelectrical arrival method, exposure is good even from the optical semiconductor thin film side even from the insulating substrate side of optical waveguide production boards or a film deposition board. When exposing from the optical semiconductor thin film side, said substrate

will be immersed into electrodeposition fluid, but since the electrodeposition fluid used in this invention does not absorb the ultraviolet rays used as irradiation light, it can be exposed to an optical semiconductor thin film through electrodeposition fluid. The case where drawing 6 and drawing 7 perform the case where drawing 5 is exposed from the insulating substrate side, from the optical semiconductor thin film side is shown. In a photoelectrical arrival method, when sufficient electromotive force for electrodeposition is acquired by an optical semiconductor, it is not necessary to impress bias voltage with a voltage applying device.

[0059]Drawing 8 showed the key map of the device which produces an optical waveguide with an electrodeposition process, and this device is provided with the means 90 for the voltage impressing like the electrodeposited tub 80 which stored electrodeposition fluid, and a potentiostat, the counterelectrode 91, and the reference electrode 92 like a saturated calomel electrode. This figure provides a conductive film in the whole surface to a substrate, and shows that a cladding layer is formed. In said drawing 5 thru/or drawing 8, although the voltage applying device is connected with the conductive thin film, in a photoelectrical arrival method, the optical semiconductor thin film is functioning as a work electrode.

[0060]

[Example]This invention is not limited by these examples, although an example is shown below and this invention is explained to it still more concretely.

Example 1 -- this example shows the example of production of the optical waveguide which has structure as shown in drawing 1 (D). (In forming a cladding layer, it does not carry out an optical exposure, but the voltage which exceeds the Schottky barrier of an optical semiconductor is impressed.)

(1) To the preparation pure water 100g of the electrodeposition fluid for core formation, it is a styrene acrylic acid copolymer (the molecular weight 13,000, 65% of the mole ratio of hydrophobic group/(hydrophilic group + hydrophobic group), the acid value 150) ("the electrodeposition nature polymer material A" is called hereafter.). Dispersion mixing of the titanium oxide 5g 2 nm in diameter is carried out to 5 g, and also it is dimethylamino ethanol (by water soluble.) at the rate of 180 mmol/l. Not less than 110 °C of boiling points and the fluid of 100 or less mHg of steam pressure were added, and also it adjusted so that it might become pH 7.8 and conductivity 12 mS/cm using tetramethylammonium hydroxide and ammonium chloride, and this was made into the electrodeposition fluid for core formation.

(2) carrying out dispersion mixing of said electrodeposition nature polymer material A5g to the pure water 100g like the preparation above (1) of the electrodeposition fluid for clad formation - further -- dimethylamino ethanol at a rate of 180 mmol/l, [add and] It adjusted so that it might become pH 7.8 and conductivity 12 mS/cm using tetramethylammonium hydroxide and ammonium chloride, and this was made into the electrodeposition fluid for clad formation.

(3) 100 nm of transparent conducting films of ITO were produced by sputtering process to the

alkali-free-glass board (7059 glass) with a production thickness of 0.5 mm of optical waveguide production boards, and 200 nm TiO_2 was produced by RF sputtering process.

(4) In arrangement of the general trilateral type in electrochemistry as shown by production drawing 8 of an optical waveguide, The electrodeposition fluid for clad formation was used as electrodeposition fluid, the TiO_2 electrode was used as a work electrode to the saturated calomel electrode, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 3.5V and impressed for 20 seconds, the 10-micrometer-thick lower clad layer was formed in the TiO_2 entire surface. Next, electrodeposition fluid is changed to the electrodeposition fluid for core formation, without drying a cladding layer, The product contiguity type exposure device made from Yamashita electrical (light intensity 50 mW/cm^2 with a wavelength of 365 nm) and the photo mask for cores as shown in drawing 6 are used, Where bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode is set to 1.8V, when it irradiated with ultraviolet rays for 15 seconds through electrodeposition fluid from the substrate upper part, a core layer 5 micrometers in thickness and 5 micrometers in width was formed only in the field to which the light of the TiO_2 surface was irradiated. Next, without drying a cladding layer and a core layer, electrodeposition fluid was changed to the electrodeposition fluid for clad formation, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 4V and impressed for 35 seconds, the 10-micrometer-thick upper clad layer was formed in the TiO_2 entire surface. By picking out a substrate from a cistern and performing dip washing for 3 minutes in pure water, in the film, removed the salinity which remains slightly, ranked second, it was made to dry by a clean air, and the optical waveguide substrate was completed. When the obtained optical waveguide was started in length of 50 mm with the dicing saw and insertion loss was measured, it turned out on the wavelength of 0.85 micrometer that it is transmission loss of about 5 dB.

[0061]Heat-treatment was carried out for the optical waveguide produced in example 2 Example 1 for 3 minutes at 140 °C. When transmission loss was measured like Example 1 after that, it turned out that transmission loss of about 2 dB improves. This is presumed to be what is depended on the pinhole which remained slightly in the optical waveguide film having been removed.

[0062]Example 3 -- in this example, the optical waveguide of structure as shown by drawing 2 (E) was produced. The object for clad formation, the electrodeposition fluid for core layer formation, and the optical waveguide production boards of the same presentation as Example 1 were used. In arrangement of a general trilateral type, the electrodeposition fluid for clad formation is used as electrodeposition fluid in electrochemistry as shown in drawing 5, a TiO_2 electrode is used as a work electrode to a saturated calomel electrode, bias voltage which

carries out a seal of approval to a work electrode is set to 1.8V, and it irradiates with ultraviolet rays from the back side of a substrate. The projection type exposure device made from the USHIO electrical and electric equipment was used for ultraviolet rays. (light intensity 50 mW/cm² with a wavelength of 365 nm). The projection type exposure device was adjusted so that image formation might once be carried out to the photo mask for lower clads and also image formation might be carried out to the titanium oxide surface which is a rear face of a substrate via an optical lens. When exposed for 10 seconds with this device, a lower clad layer 10 micrometers in thickness and 20 micrometers in width was formed in the TiO₂ surface only for the field where light was irradiated (refer to drawing 2 (B)).

[0063]Next, if change electrodeposition fluid to the electrodeposition fluid for core formation, a photo mask is replaced with the thing for cores, bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode is set to 1.8V and it irradiates with ultraviolet rays for 15 seconds from the back side of a substrate, without drying a cladding layer, A core layer 5 micrometers in thickness and 5 micrometers in width was formed in the TiO₂ surface only the field where light was irradiated (refer to drawing 2 (C)).

[0064]Next, electrodeposition fluid is changed to the electrodeposition fluid for clad formation, without drying a cladding layer and a core layer, The photo mask was replaced with the thing for side clad formation, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 1.8V and it irradiated with ultraviolet rays for 15 seconds from the back side of the substrate, the 5-micrometer-thick side cladding layer was formed in the TiO₂ surface only for the field where light was irradiated (refer to drawing 2 (D)). Next, electrodeposition fluid is changed to the electrodeposition fluid for clad formation, without drying a cladding layer and a core layer, The photo mask was replaced with the thing for upper clads, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 1.8V and it irradiated with ultraviolet rays for 35 seconds from the back side of the substrate, the 10-micrometer-thick upper clad layer was formed in the TiO₂ surface only for the field where light was irradiated (refer to drawing 2 (E)). By picking out a substrate from a cistern and performing dip washing for 3 minutes in pure water, in the film, removed the salinity which remains slightly, ranked second, it was made to dry by a clean air, and the optical waveguide substrate was completed. When the obtained optical waveguide was started in length of 50 mm with the dicing saw and insertion loss was measured, it turned out on the wavelength of 0.85 micrometer that it is transmission loss of about 2 dB.

[0065]Heat-treatment was carried out for the optical waveguide produced in example 4 Example 3 for 15 minutes at 200 **. When transmission loss was measured like Example 3 after that, it turned out that transmission loss of about 1 dB improves. Although solvent resistance (for example, acetone) has furthermore been improved as for this optical

waveguide, this is presumed to be based on the bridge having been constructed over the polymer material by said heat-treatment. The obtained optical waveguide is accurate and the upper part was flat again. It was possible to have formed optical functional components, such as an optical waveguide and a microlens array, by performing the still more nearly same photoelectrical arrival process into the portion in which a cladding layer does not exist. Since the optical waveguide upper part furthermore became flat, it was also easy to form an optical functional component in the optical waveguide upper part by another process.

[0066]Example 5 -- forming titanium oxide which is an optical semiconductor thin film by oxidation treatment of titanium in this example (the example which produces the optical waveguide which has the structure shown by drawing 1 (D) and the same structure is shown.) To the preparation pure water 100g of the electrodeposition fluid for clad formation, (1) Electrodeposition nature polymer material A5g, Dispersion mixing of 3 g of the magnesium flux particles (refractive index 1.38) 5 nm in diameter is carried out, Dimethylamino ethanol was added to the pan at a rate of 180 mmol/l, and also it adjusted so that it might become pH 7.8 and conductivity 12 mS/cm using sodium hydroxide and sodium chloride, and this was made into the electrodeposition fluid for clad formation.

(2) Dispersion mixing of the electrodeposition nature polymer material A5g is carried out to the preparation pure water 100g of the electrodeposition fluid for core formation, Dimethylamino ethanol was added to this at a rate of 180 mmol/l, and also it adjusted so that it might become pH 7.8 and conductivity 12 mS/cm using sodium hydroxide and sodium chloride, and this was made into the electrodeposition fluid for core formation.

(3) Oxidation treatment which applies high temperature to the surface of a titanium metal board with a production thickness of 0.5 mm of optical waveguide production boards was performed, the 1000-nm-thick titanium oxide layer was formed, and this was made into optical waveguide production boards. Portions other than a titanium oxide layer were insulated with the epoxy resin.

(4) In arrangement of the general trilateral type in electrochemistry as shown in production drawing 8 of an optical waveguide, The electrodeposition fluid for clad formation was used as electrodeposition fluid, the TiO_2 electrode was used as a work electrode to the saturated calomel electrode, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 3.5V and impressed for 20 seconds, the 10-micrometer-thick lower clad layer was formed in the TiO_2 entire surface. Next, electrodeposition fluid is changed to the electrodeposition fluid for core formation, without drying a cladding layer, The product contiguity type exposure device made from Yamashita electrical (light intensity 50 mW/cm^2 with a wavelength of 365 nm) and the photo mask for cores as shown in drawing 6 are used, Where bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode is set to 1.8V,

when it irradiated with ultraviolet rays for 70 seconds through electrodeposition fluid from the substrate upper part, the 20-micrometer-thick core layer was formed in the TiO_2 surface only for the field where light was irradiated. Next, without drying a cladding layer and a core layer, electrodeposition fluid was changed to the electrodeposition fluid for clad formation, and when bias voltage which carries out a seal of approval was set to 4V and impressed to the work electrode for 50 seconds with a device as shown in drawing 8, the 15-micrometer-thick upper clad layer was formed in the TiO_2 entire surface. By picking out a substrate from a cistern and performing dip washing for 3 minutes in pure water, in the film, removed the salinity which remains slightly, ranked second, it was made to dry by a clean air, and the optical waveguide substrate was completed. When the obtained optical waveguide was started in length of 50 mm with the dicing saw and insertion loss was measured, it turned out on the wavelength of 0.85 micrometer that it is transmission loss of about 5 dB.

[0067]Heat-treatment was carried out for the optical waveguide produced in example 6 Example 5 for 3 minutes at 140 **. When transmission loss was measured like Example 5 after that, it turned out that transmission loss of about 2 dB improves.

[0068]Example 7 -- forming the zinc oxide which is an optical semiconductor thin film by zincky anodizing in this example (the example which produces the optical waveguide which has the structure shown by drawing 1 (D) and the same structure is shown.)

To the preparation pure water 100g of the electrodeposition fluid for clad formation, (1) Electrodeposition nature polymer material A5g, Dispersion mixing of 1.5 g of the magnesium flux particles (refractive index 1.38) 5 nm in diameter is carried out, Dimethylamino ethanol was added to this at a rate of 180 mmol/l, and also it adjusted so that it might become pH 7.8 and conductivity 12 mS/cm using sodium hydroxide and sodium chloride, and this was made into the electrodeposition fluid for clad formation.

To the preparation pure water 100g of the electrodeposition fluid for core formation, (2) Electrodeposition nature polymer material A5g, Dispersion mixing of 2.5 g of the titanium oxide particles (refractive index 2.5) 2 nm in diameter is carried out, Dimethylamino ethanol was added to this at a rate of 180 mmol/l, and also it adjusted so that it might become pH 7.8 and conductivity 12 mS/cm using sodium hydroxide and sodium chloride, and this was made into the electrodeposition fluid for core formation.

(3) As a production optical waveguide production board of optical waveguide production boards, anodizing of the surface was carried out and the zinc plate which laminated the 1000-nm-thick zinc oxide layer was used. Portions other than a zinc oxide layer were insulated with the epoxy resin.

(4) In arrangement of the general trilateral type in the electrochemistry shown in production drawing 8 of an optical waveguide, The electrodeposition fluid for clad formation was used as the electrolysis solution, the zinc oxide layer was used as a work electrode to the saturated

calomel electrode, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 3.5V and impressed for 20 seconds, the 10-micrometer-thick lower clad layer was formed in the zinc oxide entire surface. Next, electrodeposition fluid is changed to the electrodeposition fluid for core formation, without drying a cladding layer, The helium-Cd laser (light intensity 10 mW/cm^2 with a wavelength of 331 nm) which can be scanned by a scanning stage as shown in drawing 7 is used, Where bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode is set to 1.8V, when helium-Cd laser was scanned at the speed of 1 mm/s through electrodeposition fluid from the substrate upper part, the 5-micrometer-thick core layer was formed in the zinc oxide surface only for the field where light was irradiated. Next, without drying a cladding layer and a core layer, electrodeposition fluid was changed to the electrodeposition fluid for clad formation, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 4V and impressed for 35 seconds, the 10-micrometer-thick upper clad layer was formed in the entire surface of a cladding layer and a core layer. By picking out a substrate from a cistern and performing dip washing for 3 minutes in pure water, in the film, removed the salinity which remains slightly, ranked second, it was made to dry by a clean air, and the optical waveguide substrate was completed. When the obtained optical waveguide was started in length of 50 mm with the dicing saw and insertion loss was measured, it turned out on the wavelength of 0.85 micrometer that it is transmission loss of about 5 dB.

[0069]Heat-treatment was carried out for the optical waveguide produced in example 8 Example 7 for 3 minutes at 140 **. When transmission loss was measured like Example 7 after that, it turned out that transmission loss of about 2 dB improves.

[0070]Example 9 -- this example shows the example which produces the optical waveguide which has the same structure as drawing 3 (F) using photoelectrical arrival and a replica method.

(1) 200 nm of transparent conducting films of ITO were produced by sputtering to the Pyrex (R) glass plate with a production thickness of 1 mm of a film deposition board, and 300 more-nm TiO_2 was produced by RF sputtering process. On TiO_2 , stratum disjunctum was formed by carrying out the spin coat of the 1% of oleic acid solution (ethyl acetate solvent) for 20 seconds at 4000 rpm.

(2) The thing of the same presentation as the electrodeposition fluid used in the object for cladding layers and electrodeposition fluid example 4 for core layers was used.

(3) Like the formation example 2 of a cladding layer and a core layer on stratum disjunctum, By forming a lower clad layer-core layer-flank cladding layer-upper clad layer (refer to drawing 3 (B) thru/or (E)), picking out a substrate from a cistern, and performing dip washing for 3 minutes in pure water, in the film, the salinity which remains slightly was removed, and it ranked second, and dried by the clean air.

(4) The polyethylene film of the 0.5-mm thickness heated to 150 °C of transfers of the optical waveguide is put on said optical waveguide surface, The optical waveguide which performed heat pressing processing with the linear velocity of 20 mm/sec, exfoliated between the rolls of two of the line pressurization state of 200 g/cm between the account stratum disjunctum of back to front and optical waveguide, and produced these was made to transfer on a polyethylene film. When the 50-mm straight-line portion of the obtained optical waveguide was started and insertion loss was measured, it turned out on the wavelength of 0.85 micrometer that it is transmission loss of about 3 dB.

[0071]Example 10 -- this example shows the example which produces the optical waveguide of the structure shown by drawing 1 (D) using photoelectrical arrival and a replica method. At this example, it is (1). On the polyimide film with a production thickness of 0.3 mm of a film deposition board, 200 nm of transparent conducting films of ITO were produced by sputtering process, and 300 more-nm TiO_2 was produced by RF sputtering process. On TiO_2 , the silicone oil 0.5% solution (solvent hexane) was used, dip coating (raising speed 20 mm/s) was performed, and stratum disjunctum was formed.

(2) The thing of the same presentation as the electrodeposition fluid used in the object for cladding layers and electrodeposition fluid example 1 for core layers was used.

(3) By forming a cladding layer-core layer-cladding layer on said stratum disjunctum like the formation example 1 of a cladding layer and a core layer, picking out a substrate from a cistern, and performing dip washing for 3 minutes in pure water, In the film, the salinity which remains slightly was removed, and it ranked second, and dried by the clean air.

(4) The glass epoxy board for printed circuit boards which put the glue line on the transfer surface of the optical waveguide is put on the optical waveguide surface, The optical waveguide substrate which performed heat pressing processing with the linear velocity of 20 mm/sec, exfoliated between the rolls of two of the line pressurization state of 100 g/cm between the account stratum disjunctum of back to front and optical waveguide, and produced these was made to transfer on a glass epoxy board. When the 50-mm straight-line portion of the obtained optical waveguide was started and insertion loss was measured, it turned out on the wavelength of 0.85 micrometer that it is transmission loss of about 3 dB.

[0072]Example 11 -- this example shows the example which produces the optical waveguide of the structure shown by drawing 4 (D) with electrodeposition and a replica method.

(1) To the Pyrex (R) glass plate with a production thickness of 3 mm of a film deposition board, 200 nm of transparent conducting films of ITO were produced by sputtering, and the same pattern as the core layer which should be formed by the etching process by a conventional method was formed. After this patternizing ITO, stratum disjunctum was formed by carrying out the spin coat of the 1% of oleic acid solution (ethyl acetate solvent) for 20 seconds at 4000 rpm.

(2) In arrangement of the general trilateral type in electrochemistry as shown in drawing 8 using the electrodeposition fluid for core layers of the same presentation as the formation example 1 of a core layer, The electrodeposition fluid for core layers was used as the electrolysis solution, the ITO film was used as a work electrode to the saturated calomel electrode, and when bias voltage which carries out a seal of approval to a work electrode was set to 3V and impressed for 90 seconds, a core layer 30 micrometers in thickness and 30 micrometers in width was formed only the field on ITO (refer to drawing 4 (B)). By picking out a substrate from a cistern and performing dip washing for 10 minutes in pure water, in the film, the salinity which remains slightly was removed, and it ranked second, and dried by the clean air.

(3) A polyethylene film with a transfer thickness of 0.2 mm of a core layer is put on the core layer surface, These are heated in roller surface temperature of 120 **. The core layer which performed heat pressing processing with the linear velocity of 20 mm/sec, made between the rolls of two of the line pressurization state of 300 g/cm exfoliate between stratum disjunctum and a core layer after that, and produced it was made to transfer on a polyethylene film (refer to drawing 4 (C)). It is made to stick on the core layer which had the polyethylene film with a thickness of 0.2 mm prepared further separately transferred, This is heated in roller surface temperature of 170 **. Heat pressing processing was performed for between the rolls of two of the line pressurization state of 300 g/cm with the linear velocity of 20 mm/sec, and the polyethylene film of two sheets completed the optical waveguide which serves both as the lower part and an upper clad layer (refer to drawing 4 (D)). When the 50-mm straight-line portion of the obtained optical waveguide was started and insertion loss was measured, it turned out on the wavelength of 0.85 micrometer that it is transmission loss of about 4 dB.

[0073]

[Effect of the Invention]The forming method method of the optical waveguide of this invention can form the optical waveguide which has a detailed pattern with sufficient accuracy, without impressing high tension, since an electrodeposition process and a photoelectrical arrival method are used (less than 5V). Although thickness needed to be controlled with sufficient accuracy to the substrate, and needed to be applied to it and there were problems, such as taking out alkali waste by etching, in the method of producing an optical waveguide using the conventional photopolymer, According to this invention, by adjusting optical irradiation time or voltage applying time, the thickness of a core layer and a cladding layer can control easily, and the etching process for pattern formation is also unnecessary, and the load to environment is also small. Thus, since production of the optical waveguide of this invention by the electrodeposition process or a photoelectrical arrival method is a simple method, it can fertilize and can apply in favor of manufacture of the optical waveguide type parts as which mass production nature is required. In addition, it is possible to apply to various optical waveguides used in general optics, the microoptics field, and the field of optical communications or optical

information processing, an optical integrated circuit, or an optical wiring board.

[Translation done.]

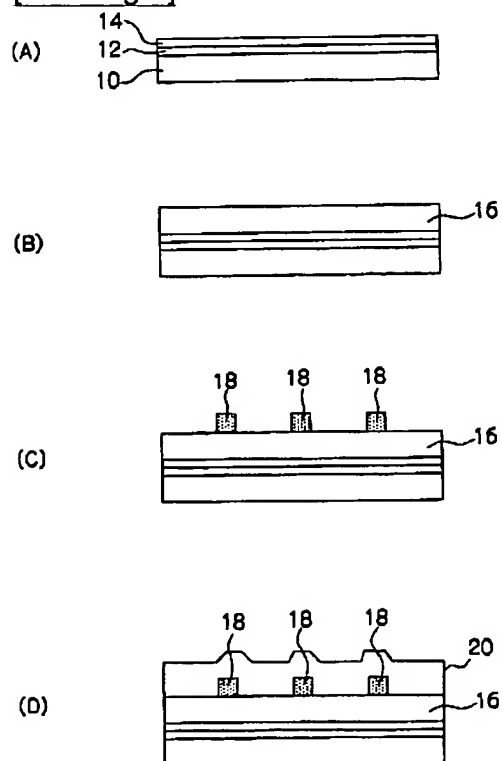
* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

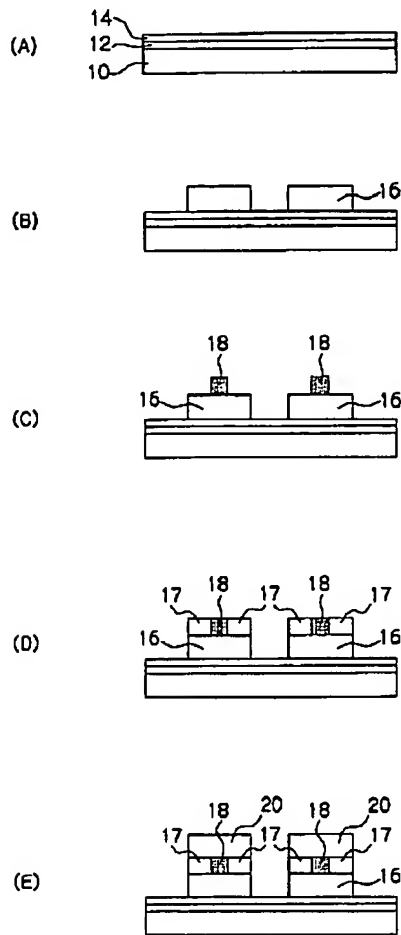
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

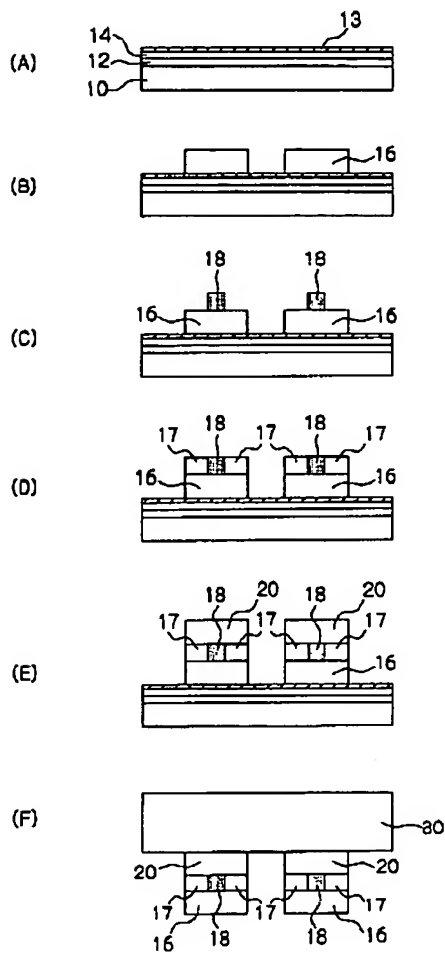
[Drawing 1]



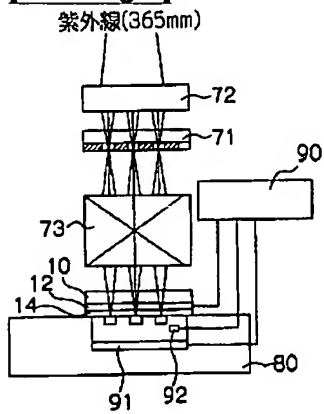
[Drawing 2]



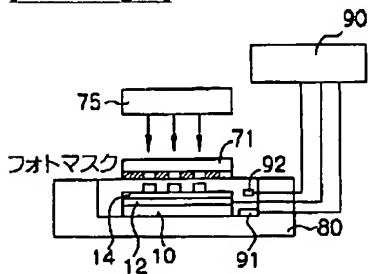
[Drawing 3]



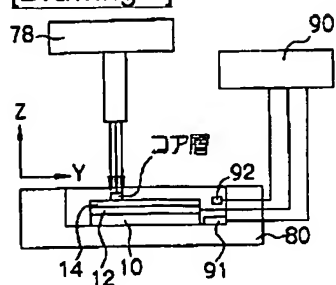
[Drawing 5]



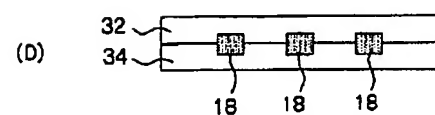
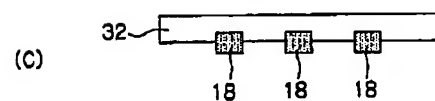
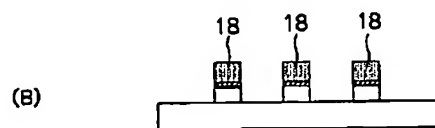
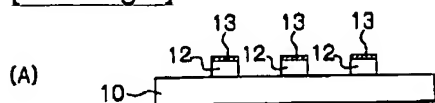
[Drawing 6]



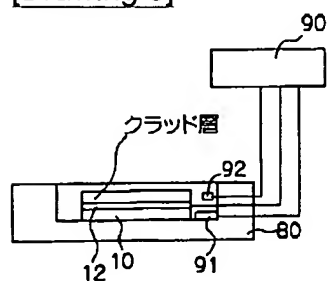
[Drawing 7]



[Drawing 4]



[Drawing 8]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-333538

(P2002-333538A)

(43) 公開日 平成14年11月22日(2002.11.22)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	チーフワード(参考)
G 0 2 B 6/13		C 2 5 D 13/00	3 0 1 2 H 0 4 7
C 2 5 D 13/00	3 0 1		3 0 9
	3 0 9	13/12	Z
13/12		13/22	Z
13/22		G 0 2 B 6/12	M

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-10240(P2002-10240)

(22) 出願日 平成14年1月18日(2002.1.18)

(31) 優先権主張番号 特願2001-60242(P2001-60242)

(32) 優先日 平成13年3月5日(2001.3.5)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 清水 敬司

神奈川県足柄上郡中井町430グリーンテ

クなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 大津 茂英

神奈川県足柄上郡中井町430グリーンテ

クなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外3名)

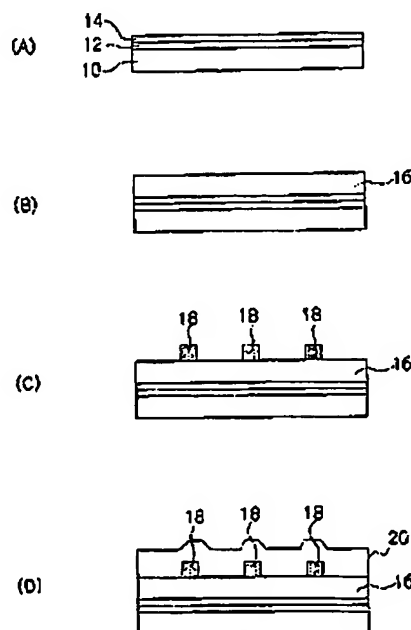
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路形成方法、これに用いる電着液および光導波路製造装置

(57) 【要約】

【課題】 解像度に優れた微細パターン形成を簡易に行なえ、有害廃液が少ない、電着法または光電着法を用いることにより、精度のよい光導波路を簡易にまた量産性よく作製する方法およびその装置を提供すること。

【解決手段】 絶縁性基板上に、導電性薄膜および光半導体薄膜または導電性薄膜を積層した光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、光半導体薄膜または導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜に光を照射して光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加するか、あるいは導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜または導電性薄膜の上に前記材料を析出形成させる工程、またはさらに析出した材料を他の基板に転写させる工程を含む光導波路形成方法。



(2)

特開2002-333538

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層した光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作製基板の少なくとも前記光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

【請求項2】 絶縁性基板上に、導電性薄膜、光半導体薄膜および剥離層をこの順に積層した着膜基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記着膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程、および前記の析出した材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【請求項3】 クラッド層用電着液を用い、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア層用電着液を用い、コア層を形成することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光導波路形成方法。

【請求項4】 形成したクラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド層用電着液を用い、コア層の上にさらにクラッド層を形成することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項5】 クラッド層の形成において、光照射することなく、光導波路作製基板または着膜基板の光半導体薄膜のもつショットキーバリアーを超える電圧を印加することによって、全面にクラッド層を電着形成することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項6】 光導波路作製基板または着膜基板が、導電性基板上に光半導体薄膜を形成したものであることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項7】 導電性材料が、鉄及びその化合物、ニッケル及びその化合物、亜鉛及びその化合物、銅及びその化合物、チタン及びその化合物、及びこれらの混合材料より選択される少なくとも一種である請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項8】 絶縁性基板上に導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜を設けた光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散

2

性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作製基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

【請求項9】 絶縁性基板上に、導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜および剥離層をこの順に積層した着膜基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記着膜基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程、および前記の析出した膜形成材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【請求項10】 前記pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料が高分子材料であることを特徴とする請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項11】 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項12】 前記コア層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記クラッド層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が低い微粒子を含有することを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項13】 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料および前記高分子材料より屈折率が低い微粒子を含有し、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項14】 前記光導波路作製基板を陽極電極とし、かつ電着電圧が5V以下である請求項1ないし請求項13のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項15】 前記膜形成材料が高分子材料であり、かつ、すべての光導波路を形成した後、少なくとも光導波路を加熱処理する工程を行うことを特徴とする、請求項1ないし請求項14のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項16】 pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む電着液であって、前記膜形成材料が、疎水性基と親水性基を有し、疎水基の数が、親水基と疎水基の総数の30%から80%の範囲にある高分子材料であることを特徴とする請求項1ないし請求項15のいずれか1項に記載の光導波路形成方法に用いるための電着液。

(3)

特開2002-333538

3

【請求項17】 さらに、屈折率調節のための微粒子を含むことを特徴とする請求項16に記載の電着液。

【請求項18】 光を照射するための光源、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズを有する結像光学系、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズの間に挿入したフォトマスク、対向電極、バイアス電圧を印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを特徴とする。請求項1ないし請求項7、請求項10ないし請求項15のいずれか1項に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装置。

【請求項19】 対向電極、バイアス電圧を印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも導電性薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを特徴とする。請求項8または請求項9、請求項10ないし請求項15のいずれか1項に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高分子材料を用いた光導波路形成方法に関するものであり、一般光学や微小光学分野で、また光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等に利用できる。

【0002】

【従来の技術】光導波路は、石英、ガラス、酸化物誘電体等の無機材料、高分子材料などが用いられている。これらの中で高分子材料は無機材料に比較して、スピンコート法やディップ法等による薄膜形成が容易であり、面積の大きい光導波路を作製するのに適している。またこの方法によれば、膜形成に際して高温での熱処理工程を含まないので、石英等の無機ガラス材料と比べて高分子材料は、半導体基板やプラスチック基板等高温での熱処理が困難な基板上にでも光導波路を作製できるという利点がある。さらに、高分子材料の柔軟性や強靱性を活かしたフレキシブルな光導波路の作製も可能である。こうしたことから、光通信の分野で用いられる光集積回路や、光情報処理の分野で用いられる光配線板等の光導波路部品を、光学用高分子材料を用いて大量・安価に製造することが期待されている。光学用高分子材料は、耐熱性や耐湿性等の耐環境性の点で問題があるとされてきたが、近年は改善が進んでいる。また感光性高分子あるいはレジストを用いた方法は、非常に簡易で、生産性にも優れている。

【0003】ところが、従来は、感光性材料として室温で固体の高分子材料を用いていたので、厚膜にすると、

4

紫外領域や可視領域における散乱が多くなって光透過特性が劣化し、特に厚膜におけるパターンの信頼性が低く、硬化した際の解像度が悪くなるため、作製された光導波路の損失にも悪影響を与えていた。また、透明性に関しては、材料の吸収損失等の低減が配慮されていないため、導波路損失も高いという欠点を有していた。このためこのような感光性材料を用いて作製された光部品等は実用性の面から不十分なものであった。これを解決する手段として、室温で固体の高分子材料ではなく液状の光硬化性樹脂を用いてパターン化する方法が考えられた。しかし、かかる材料は流動性があるため、樹脂を塗布した後に塗布膜厚が変化したりして、光導波路を再現性よく、かつ制御性よく作製することができなかった。さらに感光性材料を用いた方法はエッチング処理などの手間がかかり、有害なアルカリ廃液が大量に発生する上に工数がかさむ懸念があった。

【0004】一方、本発明者等は、先に着色材を含む電着材料を用い、低電圧印加で電着あるいは光電着させることにより、解像度に優れた画像形成方法およびカラーフィルターの製造方法を提供したが、これらは特開平10-119414号公報、特開平11-189899号公報、特開平11-15418号公報、特開平11-174790号公報、特開平11-133224号公報、特開平11-335894号公報等に詳細に開示されている。これらの画像形成方法およびカラーフィルターの製造方法は、簡易な方法で着色膜を解像度よく形成することを特徴とするが、主として、液晶表示装置等の表示装置の分野において応用されている技術である。これに対し、光導波路は、光通信等の分野における技術であり、表示装置の分野とは異なる他、前記のように、光導波路は、誘電体材料あるいは感光性材料を、フォトリソグラフィ法を含む複雑な工程を経て微細加工することにより作製されており、光導波路をフォトリソグラフィ法などの複雑な工程を用いない電着法により作製しようとする試みはなされていないのが現状である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、解像度に優れた微細パターン形成を簡易に行なえ、有害廃液が少ない、電着法または光電着法を用いることにより、精度のよい光導波路を簡易にまた生産性よく作製する方法およびその装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題は、以下の光導波路形成方法、そのための電着液および光導波路製造装置を提供することにより解決される。

(1) 絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層した光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作

(4)

特開2002-333538

5

製基板の少なくとも前記光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

(2) 絶縁性基板上に、導電性薄膜、光半導体薄膜および剥離層をこの順に積層した薄膜基板を、pHが変化するにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記薄膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程、および前記の析出した材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【0007】(3) クラッド層用電着液を用い、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア層用電着液を用い、コア層を形成することを特徴とする前記(1)または(2)に記載の光導波路形成方法。

(4) 形成したクラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド層用電着液を用い、コア層の上にさらにクラッド層を形成することを特徴とする前記(1)ないし(3)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(5) クラッド層の形成において、光照射することなく、光導波路作製基板または薄膜基板の光半導体薄膜のもつショットキーバリアーを越える電圧を印加することによって、全面にクラッド層を電着形成することを特徴とする前記(1)ないし(4)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

【0008】(6) 光導波路作製基板または薄膜基板が、導電性基板上に光半導体薄膜を形成したものであることを特徴とする前記(1)ないし(5)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(7) 導電性材料が、鉄及びその化合物、ニッケル及びその化合物、亜鉛及びその化合物、銅及びその化合物、チタン及びその化合物、及びこれらの混合材料より選択される少なくとも一種である前記(1)ないし(6)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

【0009】(8) 絶縁性基板上に導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜を設けた光導波路作製基板を、pHが変化するにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作製基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

(9) 絶縁性基板上に、導電性薄膜またはパターン状の

6

導電性薄膜および剥離層をこの順に積層した薄膜基板を、pHが変化するにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記薄膜基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程、および前記の析出した膜形成材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【0010】(10) 前記pHが変化するにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料が高分子材料であることを特徴とする前記(1)ないし(9)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(11) 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする前記(1)ないし(10)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(12) 前記コア層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記クラッド層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が低い微粒子を含有することを特徴とする前記(1)ないし(10)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

【0011】(13) 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料および前記高分子材料より屈折率が低い微粒子を含有し、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする前記(1)ないし(10)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(14) 前記光導波路作製基板を陽極電極とし、かつ電着電圧が5V以下である前記(1)ないし(13)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(15) 前記膜形成材料が高分子材料であり、かつ、すべての光導波路を形成した後に、少なくとも光導波路を加熱処理する工程を行うことを特徴とする、前記(1)ないし(14)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

【0012】(16) pHが変化するにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む電着液であって、前記膜形成材料が、疎水性基と親水性基を有し、疎水基の数が、親水基と疎水基の総数の30%から80%の範囲にある高分子材料であることを特徴とする前記(1)ないし(15)のいずれか1に記載の光導波路形成方法に用いるための電着液。

(17) さらに、屈折率調節のための微粒子を含むことを特徴とする前記(16)に記載の電着液。

【0013】(18) 光を照射するための光源、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズを有する結像光学系、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズの間に挿入したフォトマスク、対向電極、バイアス電圧を

(5)

特開2002-333538

7

印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを特徴とする、前記(1)ないし(7)、(10)ないし(15)のいずれか1に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装置。

(19) 対向電極、バイアス電圧を印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも導電性薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを特徴とする、前記(8)または(9)、(10)ないし(15)のいずれか1に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装置。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明は、光導波路を、前記特開平10-119414号公報、特開平11-18989号公報、特開平11-15418号公報、特開平11-174790号公報、特開平11-133224号公報、特開平11-335894号公報等に記載の電着法

あるいは光電着法を用いて形成するものである。
【0015】この電着法とは、基本的に、絶縁性基板上にパターン状の導電性薄膜を設けたものに、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記材料を析出させる方法である。また、光電着法は、光半導体薄膜に生ずる光起電力を利用するもので、絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層したものを、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、少なくとも前記光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出させる方法である。

【0016】これらの電着法および光電着法を用いることにより、高電圧を印加することなく(5V以下)、微細なパターンを有する光導波路を精度よく形成することができる。また、従来の感光性樹脂を用いる光導波路の作製法では、基板に膜厚を精度よく制御して塗布する必要があり、またエッチングによりアルカリ廃液を出すなどの問題があったが、本発明によれば、照射時間または電圧印加時間を調節することによってコア層とクラッド層の膜厚が容易に制御でき、また、パターン形成のためのエッチング処理も不用で環境に対する負荷も小さい。

8

【0017】さらに、現在、電子回路と光回路を混成した基板を作製する試みがなされているが、従来の方法では、どちらか先に形成した回路が、次に形成する回路のパターニング時のエッチングにより傷む恐れがあるが、本発明の光電着法による光導波路の形成方法ではエッチング工程がないのでこのような問題も避けられる。このように、本発明の光導波路の作製は簡易な方法であるので、量産化が可能で、量産性が要求される光導波路型部品の製造に有利に適用可能である。その他、一般光学や微小光学分野、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等にも適用することが可能である。

【0018】最初に、光電着法を用いて光導波路を作製する方法について説明する。この方法で用いる光導波路作製基板は、絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層したもので、絶縁性基板としては、ガラス板、石英板、プラスチックフィルム、エポキシ基板等が、導電性薄膜としてはITO、酸化インジウム、ニッケル、アルミニウム等が、また、光半導体薄膜としては、以下で述べるような酸化チタン薄膜等が用いられる。なお、絶縁性基板を通して光半導体薄膜に光照射する場合には、絶縁性基板および導電性薄膜は光透過性であることが必要である。ただし、電着液を通して光照射する場合はこの限りでない。また、電着液は以下で述べる電着法と共通であるので、まとめて後述する。

【0019】本発明において「選択領域」とは、光導波路作製基板の部分的領域だけでなく、全面領域をさすことがあり、たとえば、クラッド層を前記基板に対し全面に形成する場合には、全面に光照射することを意味する。本発明の方法によりコア層および/またはクラッド層を作製することができる。また、本発明においてクラッド層およびコア層を重ねて形成する場合には、クラッド形成用電着液を用い、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア形成用電着液を用い、コア層を形成することができる。また、逆の場合もあることは勿論である。さらに、クラッド層-コア層-クラッド層の積層体にする場合には、前記のようにして形成したクラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド形成用電着液を用い、コア層の上にさらにクラッド層を形成することができる。光電着後、水分を除去して乾燥すると、クラッド層あるいはコア層は絶縁性であるため、その上に光電着法によりコア層あるいはクラッド層を重ねることができないが、前記のようにすることにより電着膜の導電性を維持することが可能となり、コア層あるいはクラッド層の上に他の層を積層することができる。

【0020】本発明の方法により、クラッド層およびコア層を積層して作製する場合であって、かつクラッド層を全面に形成するには、まず、クラッド形成用電着液を用い、前記光導波路作製基板または着膜基板の選択領域

(6)

特開2002-333538

9

10

(全面)に光照射することにより、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア形成用電着液を用い、選択領域(コア形成領域)に光照射することによりコア層を形成することができる。また、このようにして形成した、クラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド形成用電着液を用い、全面に光照射することにより、コア層の上にさらにクラッド層を形成することもできる(下部クラッド層-コア層-上部クラッド層)。さらに、前記のクラッド層を形成する場合、光照射することなく、光導波路作製基板の光半導体薄膜がもつショットキーバリアーを組める電圧を印加することによって、クラッド層を電着形成することも可能である。この方法では露光工程を省くことができ、より簡易な方法となる。ここで、図を用いて本発明の光導波路形成法について説明する。図1(A)ないし図1(D)は、クラッド層を基板の全面に形成する光導波路の形成工程を示す。図1(A)は光導波路作製基板の一例を示し、10は絶縁性基板、12は導電性膜、14は光半導体薄膜をそれぞれ示す。図1(B)は、光半導体薄膜の上にクラッド層用電着液を用い、全面光照射するか、あるいは光照射することなく前記光半導体薄膜がもつショットキーバリアーを組める電圧を印加することによってクラッド層16(未乾燥状態)を形成した状態を示す図である。図1(C)は、未乾燥状態にあるクラッド層の上に、コア層用電着液を用い、選択領域に光照射することにより、選択領域にコア層18を形成した状態を示す。また、図1(D)は、未乾燥状態のコア層18の上に、クラッド層用電着液を用い、全面光照射するか、あるいは光照射することなく前記光半導体薄膜がもつショットキーバリアーを組める電圧を印加することによってクラッド層20(未乾燥状態)を形成した状態を示す図である。この後、各層を乾燥させ光導波路とする。

【0021】次に、クラッド層を光導波路作製基板に対し全面に形成しない光導波路の作製例について図を用いて説明する。図2(A)ないし図2(E)は、クラッド層が基板に対し全面に設けられていない場合の光導波路の作製例を示す。図2(A)は、図1(A)と同様の光導波路作製基板を示す。図2(B)は、光半導体薄膜の上にクラッド層用電着液を用い、選択領域に光照射することによって下部クラッド層16(未乾燥状態)を形成した状態を示す図である。図2(C)は、未乾燥状態にある下部クラッド層16の上に、コア層用電着液を用い、選択領域に光照射することにより、選択領域にコア層18を形成した状態を示す。また、図2(D)は、未乾燥状態のコア層18の側面に、クラッド層用電着液を用い、選択領域に光照射することにより側部クラッド層17を形成した図を示す。さらに、図2(E)は、未乾燥状態のクラッド層17およびコア層18の上に、クラッド層用電着液を用い、選択領域に光照射することによ

り上部クラッド層20を形成した図を示す。

【0022】この態様においては、光導波路作製基板に対しクラッド層が存在しない部分には、さらに同様の光電着プロセスを行うことによって光導波路やマイクロレンズアレイなどの光機能部品を形成することが可能である。さらに、得られる光導波路は精度が良くかつ光導波路上部が平坦になるため、幅度が良い光導波路の上部に、別プロセスにより光機能部品を設けることが容易となる。

【0023】また、前記光電着法において、光導波路作製基板として、導電性基板の上に光半導体薄膜を設けたものを用いてもよい。導電性基板の材料としては、鉄及びその化合物、ニッケル及びその化合物、亜鉛及びその化合物、銅及びその化合物、チタン及びその化合物、及びこれらの混合材料より選択される少なくとも一種を用いることができる。導電性基板としては、このほかに導電性プラスチックフィルムを用いることもできる。また、光半導体が酸化チタンあるいは酸化亜鉛の場合、後述のような方法で形成される他、金属チタンあるいは金属亜鉛の板の表面を酸化処理することによって板の表面に光半導体薄膜を形成することができる。この場合、光導波路作製基板あるいは着膜基板は、導電性基板およびその上の光半導体薄膜から構成されることになる。酸化処理は、空気中での高温加熱処理、陽極酸化処理などの安価な方法を用いることができ、高価なスパッタリング法を用いることなく光透過性半導体薄膜を形成することが可能となる。なお、下地金属基板の酸化処理を行っていない部分は不要な電着膜形成を避けるため絶縁膜処理を行うことが望ましい。

【0024】次に、電着法を用いて光導波路を作製する方法について説明する。この方法においては、絶縁性基板上に導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜を設けた光導波路作製基板を用い、これを、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記材料を析出させるものである。絶縁性基板としては光電着法の場合と同様のものが使用できる。また、パターン状の導電性薄膜は、導電性薄膜を食法によりパターン化するか、または、導電性基板に必要な部分だけ残して絶縁膜を塗布してパターン状の導電部分を露出される方法を用いてもよい。これらの基板を用いて、電着法によりクラッド層またはコア層を作製することができる。

【0025】次に、前記のようにして形成した光導波路を他の基板に転写する方法について説明する。まず、前記のごとき光電着法により作製した光導波路を光導波路用基板に転写する方法について説明する。光電着法により作製した光導波路、またはコア層単独あるいはクラッ

(7)

特開2002-333538

11

ト層単独、あるいはクラッド層およびコア層を他の基板に転写することができる。この基板としてクラッド層としても機能する基板を用いることができる。このようにすることにより電着工程を含む全工程数を減らすことができる。ただし、コア層とクラッド層を別々に電着で作成し、転写を繰り返すことによって光導波路を形成する場合は、転写を繰り返すことになるので、コア層とクラッド層の界面の損失および導波路形状が崩れる可能性は若干増大する。光導波路用基板としては、通常用いられるガラス基板やエポキシ基板を用いることができ、また、クラッド層としても機能する光導波路用基板としては、ポリエチレン等のポリオレフィンフィルム、ポリエステルフィルム、ポリカーボネートフィルム、アクリル樹脂フィルム、フッ素化ポリマーフィルム等を用いることができる。

【0026】図3(A)ないし(F)を用いて作製した光導波路を基板に転写する態様を説明する。図3(A)は若膜基板の一例を示し、10は絶縁性基板、12は導電性薄膜、14は光半導体薄膜、13は剥離層をそれぞれ示す。この若膜基板を用い、図2(B)ないし(E)について説明したように、下部クラッド層16、コア層18、側部クラッド層17および上部クラッド層20を形成し(図3(B)ないし(E)参照)、次いで、基板30を上部クラッド層20の上に重ねて載せ、加熱加圧処理をする。その後、剥離層と下部クラッド層の間で剥離して光導波路とする(図3(F)参照)。

【0027】また、電着法により作製したクラッド層またはコア層を他の基板に転写することもでき、この際、該基板としてクラッド層の機能をもつものを用いることが有利である。図4(A)ないし(D)に、電着法によりコア層を形成し、これをクラッド層としても機能する基板に転写する態様を示す。図4(A)中、10は絶縁性基板、12はパターン状の導電性薄膜、13は剥離層をそれぞれ示す。次に、上記のようにしてパターン状の導電性薄膜12の上にコア層18を形成し(図4(B)参照)、クラッド層としても機能する基板32を得られたコア層の上に重ね、加熱加圧処理を行ない、その後、剥離層とコア層の間で剥離する(図4(C)参照)。その後、もう1枚のクラッド層としても機能する基板34をコア層18の表面に重ね同様に加熱加圧処理を行ない光導波路とする(図4(D)参照)。

【0028】前記光電着法および電着法において、若膜基板に剥離層を設けているため、光導波路等を基板に転写する際、大きな熱や圧力を加える必要がなく、基板、光導波路等を損傷させることがない。剥離層は、臨界面張力が30 dyne/cm以下で、かつ電着電流に影響を与えないものが好ましい。具体的には、市販の防水用フッ素樹脂スプレー等が使用できる。またシリコン樹脂やシリコンオイルも使用できる。さらにオレイン酸などの不飽和脂肪酸などの薄膜も好適である。

12

【0029】また、前記光電着法および電着法において、クラッド層およびコア層の屈折率の調節は、前記膜形成材料として異なる屈折率のものを用いる他、屈折率調節用の微粒子を電着液に添加する、あるいはこれらを組み合わせることなどにより行なうことができる。これについては電着液の説明の箇所において記載する。

【0030】以下、上記の光電着法および電着法で使用する光導波路形成用電着液について詳細に説明する。本発明の電着液は、少なくともpHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む。1種類以上の材料がこのような電着性を待っているれば、単体では膜形成能力が低い種々の屈折率制御材料を電着液中に分散させても、膜形成時において前記電着性材料に取り込まれて、光導波路中に固定されることになる。

【0031】pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料としては、カルボキシル基やアミノ基などのように、液のpHが変わることにより、そのイオン解離性が変化する基(イオン性基)を分子中に有している物質を含むことが好ましい。しかし、前記材料は必ずしもイオン性基の存在が必須ではない。また、イオンの極性も問わない。

【0032】pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料は、薄膜(光導波路)の機械的強度等の観点から、このような性質を有する高分子材料であることが好ましい。このような高分子材料としては、前記のようにイオン性基を有する高分子材料(イオン性高分子)が挙げられる。前記イオン性高分子は、水系液体(pH調節を行った水系液体を含む。)に対して十分な溶解性あるいは分散性を有していること、また光透過性を有していることが必要である。

【0033】また、pHの変化により水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する機能をもたせるために、分子中に親水基と疎水基を有していることが好ましく、親水基として、カルボキシル基(アニオン性基)、アミノ基(カチオン性基)等のイオン化可能性基(以下、単に「イオン化基」という)が導入されていることが好ましい。たとえばカルボキシル基を有する高分子材料の場合、pHがアルカリ性領域においてはカルボキシル基が解離状態になって水性液体に溶解し、また酸性領域においては解離状態が消失し溶解度が低下し析出する。

【0034】前記高分子材料における疎水基の存在により、前記のようなpHの変化によってイオン解離している基がイオン性を失うこととあいまって、臨時に膜を析出させるという機能を高分子材料に付与している。また、この疎水基は、後述する本発明の光導波路形成方法において、屈折率制御微粒子を吸着する能力があり、重合体に良好な分散機能を付与する。また、親水基として、イオン化基の他にヒドロキシ基等を挙げることがで

(8)

特開2002-333538

13

さる。

【0035】疎水基と親水基を有する重合体中の疎水基の数が、親水基と疎水基の総数の30%から80%の範囲にあるものが好ましい。疎水基の数が親水基と疎水基の総数の30%未満のものは、形成された膜が再溶解し易く、膜の耐水性や膜強度が不足する場合があります。また疎水基数が親水基と疎水基の総数の80%より大きい場合は、水系液体への重合体の溶解性が不十分となるため、電着液が濁ったり、材料の沈殿物が生じたり、電着液の粘度が上昇しやすくなるので、前記の範囲にあることが望ましい。親水基と疎水基の総数に対する疎水基数は、より好ましくは55%から70%の範囲である。この範囲のものは、特に膜の析出効率が高く、電着液の液性も安定している。また、光起電力程度の低い電着電位で膜形成ができる。

【0036】前記高分子材料としては、たとえば、親水基を有する重合性モノマー、疎水基を有する重合性モノマーを共重合させたものが挙げられる。また、親水基を含む重合性モノマーとしては、メタクリル酸、アクリル酸、メタクリル酸ヒドロキシエチル、アクリルアミド、無水マレイン酸、フマル酸、プロピオール酸、イタコン酸、などおよびこれらの誘導体が用いられるが、これらに限定されるものではない。中でも特に、メタクリル酸、アクリル酸はpH変化による電着効率がよく、有用な親水性モノマーである。また、疎水基を含む重合性モノマー材料、アルケン、スチレン、 α -メチルスチレン、 α -エチルスチレン、メタクリル酸メチル、メタクリル酸ブチル、アクリロニトリル、酢酸ビニル、アクリル酸エチル、アクリル酸ブチル、メタクリル酸ラウリル、などおよびこれらの誘導体が用いられるが、これらに限定されるものではない。特に、スチレン、 α -メチルスチレンは疎水性が強いために、再溶解に対するヒステリシス特性を得やすく有用な疎水性モノマーである。本発明の光導波路形成方法において用いる高分子材料としては親水基含有モノマーとしてアクリル酸またはメタクリル酸を、疎水基含有モノマーとしてスチレンまたは α -メチルスチレンを用いる共重合体が好ましく用いられる。

【0037】本発明の光導波路形成方法において利用される高分子材料は、このような親水基および疎水基をそれぞれ含む重合性モノマーを、好ましくは、高分子中の親水基と疎水基の数の割合が前記のごとき比率となるように共重合させた高分子材料であり、各親水基及び疎水基の種類は1種に限定されるものではない。

【0038】本発明の光導波路形成方法においては、すべての光導波路を形成した後に、少なくとも光導波路を加熱処理する工程を行うことが、好ましい。このような処理を行うことにより、光導波路の透過損失を低減させることができる。ここで、「すべての光導波路」とは、光導波路を1つまたは複数形成する場合（たとえば1層

14

以上のコア層および1層以上のクラッド層）において、1つまたは複数のすべての光導波路を指す。また「形成した後に」とは、光導波路作製基板に光導波路を（光）電着法により形成したものをそのまま光導波路として用いる光導波路形成方法においては、「光導波路を析出形成した後」を意味する。ただし、前記加熱処理は光導波路が含む水が除去された後に行うことが好ましいので、通常は、この水を除去する乾燥工程を経た後を意味する。また、電着法により光導波路用基板に電着を行う光導波路形成方法においては、「光導波路用基板に光導波路を電着した後」を意味する。

【0039】（光）電着法により析出形成した光導波路は、通常水分が僅かに膜中に取り込まれており、そのため、析出形成後の光導波路を乾燥して膜中の水分を除去する工程が行われるが、水分が抜けることにより光導波路に膜欠陥（たとえばピンホール）が生じ、これが光導波路の透過損失を大きくしていると推定される。本発明におけるこの加熱処理により前記欠陥が修復され、さらに光導波路表面やコア／クラッド界面における面粗さが改善され、透過損失を低減させることが可能になると考えられる。

【0040】前記加熱処理は、熱処理前に比べて熱処理後の光導波路の透過損失が低減するような加熱処理であればよく、加熱温度および加熱時間に特に制限はない。加熱温度は、膜形成材料として用いる高分子材料のガラス転移温度、流動開始温度等を考慮することができる。また、前記加熱処理を効率的に行うために、高分子材料の流動開始温度以上に加熱することが好ましい。前記流動開始温度とは、高分子材料試験法（「高分子工学講座」14、364～369頁、高分子学会編集、（株）地人書館、昭和38年）に記載されている「流動開始温度」を意味する。本発明で用いる高分子材料の流動開始温度は、概ね50～200℃の範囲に収まるものであり、好ましくは80～150℃、さらに好ましくは110～130℃の範囲にあるものが望ましい。また、加熱処理の際、光導波路に対して加圧を行うと、加熱時間を短くする、または加熱温度を低くすることが可能である。

【0041】また、本発明において用いる高分子材料には、架橋性基を導入することにより架橋可能な高分子材料とすることができ、光導波路形成後に加熱処理を行って架橋し、光導波路の機械的強度や耐熱性を向上させることができる。

【0042】架橋性基としてはエポキシ基、ブロックイソシアネート基（イソシアネート基に変化する基を含む）、シクロカーボネート基、メラミン基等が挙げられる。したがって、前記高分子材料として、たとえば架橋性基を有する重合性モノマー、親水基を有する重合性モノマー、疎水基を有するモノマーを共重合させたものが好適に用いられる。前記架橋性基を有する重合性モノマーとしては、たとえばグリシジル（メタ）アクリレー

(9)

特開2002-333538

15

ト、(メタ)アクリル酸アジド、メタクリル酸2-(O-〔1'-メチルプロピリデンアミノ〕カルボキシアミノ)エチル(昭和電工(株)製、商品名:カレンズMO1-BN)、4-(メタ)アクリロイルオキシメチル)エチレンカーボネート、(メタ)アクリロイルメラミン等が挙げられる。これらの架橋性モノマーは、用いるモノマーの種類によっても異なるが、一般的に電着性高分子化合物中1~20モル%含まれる。

【0043】前記高分子材料の重合度は、6,000から25,000のものが良好な薄膜を得る高分子材料となる。より好ましくは、重合度が9,000から20,000の材料である。重合度が6,000より低いと再溶解し易くなる。重合度が25,000より高いと、水系液体への溶解性が不十分となり、液体が濁ったり沈殿物が生じたりして問題を生じる。

【0044】また、前記高分子材料がカルボキシル基等のアニオン性基を有している場合、この高分子材料の酸価は、60から300の範囲において良好な電着特性が得られる。特に90から195の範囲がより好ましい。前記酸価が60より小さいと、水系液体への溶解性が不十分となり、電着液の固形分濃度を適正値まで上げることができなくなったり、液体が濁ったり沈殿物が生じたり、液粘度が上昇したりして問題が生じる。また、酸価が300を超えると、形成された膜が再溶解しやすいので、前記範囲が適切である。

【0045】また前記高分子材料は、それが溶解している電着液のpH値の変化に応じて、溶解状態あるいは分散状態から上澄みを発生して沈殿を生じる液性変化が、pH範囲領域2以内で生じることが好ましい。前記のpH範囲領域が2以内であると、急峻なpH変化に対しても瞬時に電着膜の析出が可能となり、また析出する電着膜の凝集力が強く、電着液への再溶解速度が低下するなどの効果が優れている。そしてこのことにより、低い透過損失と高い解像度を有する光導波路が得られる。前記pH範囲領域が2より大きい場合は、十分な薄膜構造を得るための電着速度の低下や、電着膜の耐水性の欠如(解像度の低下を招く)などが起こりやすい。より好ましい特性を得るには、前記pH範囲領域が1以内である。

【0046】さらに、前記のごとき高分子材料が溶解した状態の電着液は、pH値の変化に対して沈殿を生じる状態変化が急峻に生じることの他に、さらに、再溶解しにくいという特性を有していることが好ましい。この特性はいわゆるヒステリシス特性といわれるもので、たとえばアニオン性高分子材料の場合、pHが低下することにより急激に析出が起こるが、pHが上昇しても(たとえば電着終了時等)再溶解が急激に起こらず、析出状態が一定時間保持されることを意味する。一方、ヒステリシス特性を示さないものは、pHがわずかに上昇しても溶解度が上昇し、析出膜が再溶解しやすい。

16

【0047】上記のごとき特性を有する高分子材料は、親水基と疎水基の種類、親水基と疎水基のバランス、酸価、分子重等を適宜、調節することにより得られる。本発明の電着液に含まれる高分子材料は、薄膜の形成効果を損なわない限りにおいて、上で述べたような材料を任意に組み合わせることができ、2種類以上のアニオン性分子の混合物のような同極性分子の混合物、あるいはアニオン性分子とカチオン性分子の混合物のような異極性分子の混合物が挙げられる。

【0048】次に電着液の導電率について説明する。導電率は電着スピードいいかえれば、電着量に閉連しており、導電率が高くなればなるほど一定時間に付着する電着膜の膜厚が厚くなり約20nm/cmで飽和する。従って、高分子材料だけでは導電率が足りない場合には、電着に影響を与えないイオン、例えばNH₄⁺イオンやCl⁻イオンを加えてやることで電着スピードをコントロールすることができる。通常、電着液は、支持塩を加えて導電率を高める。電気化学で、一般的に使われる支持塩はNaCl、やKCl等のアルカリ金属塩や、塩化アンモニウム、硝酸アンモニウム、テトラエチルアンモニウムパークロレート(Et₄NClO₄)等のテトラアルキルアンモニウム塩が用いられる。本発明でもこれらの支持塩を使用できる。しかし、アルカリ金属は、薄膜トランジスタの特性に影響を及ぼすため、薄膜トランジスタを設けた基板に重ねて光導波路を形成する場合には、これを含む電着液は利用できない。そこで、このような場合にはNH₄ClやNH₄NO₃等のアンモニウム塩や、Et₄NClO₄、n-Bu₄NClO₄、Et₄NBF₄、Et₄NBr、n-Bu₄NBr等のテトラアルキルアンモニウム塩を用いることが好ましい。このような化合物は電着中に存在しても、トランジスタ特性に影響を及ぼさない。

【0049】また、電着液のpHも当然ながら薄膜の形成に影響する。例えば、薄膜形成前には電着性分子の溶解度が飽和するような条件で電着を行えば薄膜形成後には再溶解しにくい。ところが、未飽和状態の溶液のpHで膜の形成を行うと、薄膜が形成されても、光照射をやめた途端に膜が再溶解し始める。従って、溶解度が飽和するような溶液のpHで薄膜の形成を行うほうが望ましいことから、所望のpHに酸やアルカリを用いて電着液を調整する必要がある。

【0050】以上において説明した電着性高分子は、屈折率1.45~1.6の範囲であり、析出状態で透明であり、光導波路に用いられる波長0.8~1.6μmにおける吸収がないため、光導波路材料として好適である。また電着液として水に溶解した状態でも紫外線を吸収しないため、電着液を通して光半導体に対してパターン紫外線を照射できる。さらに5V以下の低電位で電着できるため、光半導体による光起電力により電着パターンを形成することが可能である。

(10)

特開2002-333538

17

【0051】たとえば、同じ電着性高分子を用いてコア層とクラッド層を形成する場合、コア層とクラッド層の屈折率に差を生じさせる方法は以下のとおりである。

① クラッド層用電着液として、前記のごとき電着性高分子を含むものを用い、一方、コア形成用電着液として、前記電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が高い微粒子を分散させたものを用いる。② コア層用電着液として、前記のごとき電着性高分子を含むものを用い、一方、クラッド形成用電着液として、前記電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が低い微粒子を分散させたものを用いる。③ コア層用電着液として、前記のごとき電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が高い微粒子を分散させたものを用い、かつクラッド層用電着液として、前記電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が低い微粒子を分散させたものを用いる。また、屈折率が異なる電着性高分子材料を2種用い、あるいはこれにさらに屈折率調整用の微粒子を適宜用いることにより、クラッド層およびコア層の屈折率を調整することも可能である。

【0052】次に、電着液に加える、層の屈折率調整のための微粒子について説明する。前記微粒子の数平均粒子径としては、電着液への分散性及び電着膜の透明性の観点から、0.2～150nmが好ましく、2～20nmがより好ましい。前記数平均粒子径が、0.2nm未満であると、製造時のコストが高くなると共に、安定した品質が得られないことがあり、150nm（すなわち通信で使用する波長帯である1.5μmの1/10）を超えると、透明性の低下や内部の乱反射を招き、内部損失が増大する。コア層用電着液に加える高屈折率の微粒子としては酸化チタンや酸化亜鉛などが挙げられ、クラッド層用電着液に加える低屈折率の微粒子としては非化マグネシウムに代表されるフッ素化合物などの材料が挙げられる。

【0053】次に、本発明における光半導体薄膜について説明する。光電着法に用いられる光半導体薄膜としては、基本的には、光照射により起電力を発生する透明薄膜半導体であれば全て使用できる。具体的には、前記半導体としてGaN、ダイヤモンド、c-BN、SiC、ZnSe、TiO₂、ZnOなどがある。中でも酸化チタンは吸収が400nm以下にしかないため、好ましく用いられる。基板に酸化チタン半導体薄膜を設ける方法としては、熱酸化法、スパッタリング法、電子ビーム蒸着法（EB法）、イオンプレーティング法、ゾル・ゲル法、などの方法があり、これらの方法によりn型半導体として特性の良いものが得られる。ただし、基板が耐熱性の低いもの、たとえば、プラスチックフィルムの場合や、TFTを設けた基板に重ねて光導波路を形成する場合には、プラスチックフィルムやTFTに影響を与えない成膜法を選択する必要がある。ゾル・ゲル法は、光半導体として光学活性が高い酸化チタンを形成できるが、500度で焼結させる必

18

要があるため200℃程度の耐熱性しかもたないプラスチックフィルム基板を用いる場合や、250℃以上に加熱することができないTFTを設けた基板上に酸化チタン膜を作製することは困難である。したがって、プラスチックフィルム基板を用いる場合には、なるべく低温で、できれば200度以下で製膜することが可能であり、また比較的基板に対するダメージが小さい成膜方法であるスパッタリング法、特にRFスパッタリング法が好ましく用いられる。（電子ビーム法やイオンプレーティング法は、200℃前後で基板を加熱するので好ましくない。）

【0054】TFTを設けた基板を用いる場合には、スパッタリングや電子ビーム加熱法を用いたり、あるいは光触媒酸化チタン微粒子を分散させた薄膜形成用の塗布液（TOTO（株）や日本曹達（株）など）を使用して（フォトリソストを用いるリフトオフ法など）、低温で酸化チタン薄膜を形成する方法が適用される。また、光学活性の高いアナターゼ型の酸化チタン薄膜を形成するにはRFスパッタリング法を用いるのが好ましく、高い光起電力が得られる。光半導体薄膜の厚みは、0.05μmから3μmの範囲が良好な特性が得られる範囲である。0.05μm未満では光の吸収が不十分となりやすく、また、3μmを超えると膜にクラックが生ずるなどの成膜性が悪くなりやすいので、前記範囲が適切である。また、光半導体薄膜が酸化チタンや酸化亜鉛の場合には、前記のごときチタンあるいは亜鉛の板を酸化することにより表面に光半導体薄膜を設けた基板を作製することができる。

【0055】次に、本発明の光導波路製造装置について説明する。本発明の光電着法において、光半導体薄膜に選択的に光を照射する方法は特に限定されるものではなく、フォトマスクを用いる方法の他、レーザ露光が挙げられるが、精度と取り扱いの点からみて、フォトマスクを用いることが好ましい。図5は、フォトマスクを用い、光電着法により光導波路を形成する光導波路製造装置を示す概念図である。図5で示す光導波路製造装置は、紫外線を照射するための光源（図示せず）、第一の結像光学レンズ72と、第二の結像光学レンズ73を有する結像光学系、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズの間に挿入したフォトマスク71、電着液を収納した電着槽80、ポテンショスタットのごとき電圧印加のための手段90、対向電極91、酸和カロメル電極のごときリファレンス電極92を備えている。また、前記の光導波路製造装置において前記結像光学系に代え、ミラー反射光学系を使用することも可能である。そして、図5で示すように、前記装置に光導波路作製基板を、電着槽に配置させて使用する。前記のごとき投影光学系を用いることにより、光半導体薄膜にパターン露光を結像させることができ、短い露光時間で光導波路の解像度を向上させることができる。

(11)

特開2002-333538

19

【0056】また、前記結像光学系の結像光学レンズと光透過性の基板面との距離を1mm～50cmにすることが取り扱いの点から好ましく、結像光学系の焦点深度は±10～±100μmの範囲であることが精度と取り扱いの点から好ましい。

【0057】また、フォトマスクと光半導体薄膜が近接している場合、前記のごとき結像光学系やミラー反射光学系を有する露光装置を備えた装置を用いる必要はなく、平行光あるいは窓型露光装置により光照射をすることができ、照射光源としてはたとえば、Hg-Xeの均一照射光源を用いることができる。たとえば、図6に示すように、Hg-Xe均一照射光源75を用い、フォトマスク71を液面に近く近接して置き、光導波路作製基板を前記フォトマスクの近くに配置することにより微細なパターン形成が可能となる。この場合、光導波路作製基板上の電着液の水深はなるべく浅いことが望ましい。この他に、絶縁性基板を通して光半導体薄膜に露光する場合には、絶縁性基板を0.2mm以下にして光の回折を防ぎ、また、該基板にフォトマスクを密着させて露光することにより、解像度に優れたパターンが得られる。0.2mm以下の絶縁性基板としてはプラスチックフィルムが好適に用いられる。

【0058】もちろん、露光時間が長時間でもかまわないならば安価な走査型レーザー書き込み装置によっても光照射は可能である。図7は、レーザー光により選択領域に光照射する装置を示す概念図である。He-Cdレーザー等のレーザー光照射のための走査型レーザー書き込み装置78、電着液を収納した電着槽80、ポテンショスタットのごとき電圧印加のための手段90、対向電極91、飽和カロメル電極のごときリファレンス電極92を備えている。この他に、パターン解像度の許す範囲ならばより安価なプロキシミティ型露光装置も使用可能である。光電着法において、露光は、光導波路作製基板または若しくは絶縁性基板側からでも、光半導体薄膜側からでもよい。光半導体薄膜側から露光する場合には、前記基板は電着液中に浸漬されることになるが、本発明において用いられる電着液は、照射光として用いられる紫外線を吸収しないため、電着液を通して光半導体薄膜に露光することができる。図5は、露光を絶縁性基板側から行なう場合を、図6および図7は光半導体薄膜側から行なう場合を示す。また、光電着法において、光半導体により電着に十分な起電力が得られる場合には、電圧印加装置によりバイアス電圧を印加する必要はない。

【0059】さらに、図8は、電着法により光導波路を作製する装置の概念図を示し、この装置は、電着液を収納した電着槽80、ポテンショスタットのごとき電圧印加のための手段90、対向電極91、飽和カロメル電極のごときリファレンス電極92を備えている。この図は、導電性の膜を基板に対し全面に設け、クラッド層を形成することを示している。前記図5ないし図8におい

20

て、電圧印加装置を導電性薄膜に連結しているが、光電着法においては、光半導体薄膜が作用電極として機能している。

【0060】

【実施例】以下に実施例を示し本発明をさらに具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

実施例1

この例では、図1(D)に示すような構造を有する光導波路の作製例を示す。(クラッド層を形成する場合には光照射をせず、光半導体のショットキーバリアーを組す電圧を印加する。)

(1) コア形成用電着液の調製

純水100gに、スチレン-アクリル酸共重合体(分子量13,000、疎水基/親水基+疎水基)のモル比69%、酸価150(以下、「電着性高分子材料A」と称する。)5gと、直径2nmの酸化チタン5gを分散混合し、さらに180mmol/lの割合でジメチルアミノエタノール(水可溶で、沸点110℃以上かつ蒸気圧100mHg以下の液体)を加え、更にテトラメチルアンモニウムハイドロオキシドおよび塩化アンモニウムを用いてpH7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをコア形成用電着液とした。

(2) クラッド形成用電着液の調製

前記(1)と同様に、純水100gに前記電着性高分子材料A5gを分散混合しさらに180mmol/lの割合でジメチルアミノエタノールを加え、更にテトラメチルアンモニウムハイドロオキシドおよび塩化アンモニウムを用いてpH7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをクラッド形成用電着液とした。

(3) 光導波路作製基板の作製

厚さ0.5mmの無アルカリガラス基板(7059ガラス)にITOの透明導電膜をスパッタリング法で100nm製膜し、さらに200nmのTiO₂をRFスパッタリング法で製膜した。

(4) 光導波路の作製

図8で示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、クラッド形成用電着液を電着液とし、飽和カロメル電極に対しTiO₂電極を作用電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を3.5Vとして20秒間印加したところ、TiO₂表面全面に厚み10μmの下部クラッド層が形成された。次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、図6に示すような山下電装製近接型露光装置(波長365nmの光強度50mW/cm²)とコア用フォトマスクを用い、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにした状態で基板上側から電着液を通して紫外線を15秒間照射すると、TiO₂表面の光が照射された領域だけに厚み5μm、幅5μmのコア層が形成された。次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ

(12)

特開2002-333538

21

替えて、作用電極に印可するバイアス電圧を4Vとして35秒間印加したところ、 TiO_2 表面全面に厚み10 μm の上部クラッド層が形成された。基板を液槽から取り出し、純水中でディップ洗浄を3分間行うことにより、膜内にわずかに残る塩分を除去し、次いで、クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。得られた光導波路を、ダイシングソーによって50mmの長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85 μm で5dB程度の透過損失であることがわかった。

【0061】実施例2

実施例1で作製した光導波路を140℃で3分間加熱処理をした。その後実施例1と同様に透過損失を測定したところ、2dB程度の透過損失に改善されることが分かった。これは光導波路膜内にわずかに残っていたピンホールが除去されたことによるものと推定される。

【0062】実施例3

この例では、図2(E)で示すような構造の光導波路を作製した。実施例1と同じ組成のクラッド形成用およびコア層形成用電着液および光導波路作製基板を用いた。図5に示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、クラッド形成用電着液を電着液とし、飽和カロメル電極に対し TiO_2 電極を作用電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を照射する。紫外線は、ウシオ電気製のプロジェクション型露光装置を使用した(波長365nmの光強度50mW/cm²)。プロジェクション型露光装置は、下部クラッド用フォトマスクに一旦結像し、更に光学レンズを介して基板の裏面である酸化チタン表面に結像するように調整した。この装置で10秒間露光したところ、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み10 μm 、幅20 μm の下部クラッド層が形成された(図2(B)参照)。

【0063】次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、フォトマスクをコア用のものに代えて、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を15秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み5 μm 、幅5 μm のコア層が形成された(図2(C)参照)。

【0064】次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、フォトマスクを側面クラッド形成用のものに代えて、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を15秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み5 μm の側面クラッド層が形成された(図2(D)参照)。次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、フォトマスクを上部クラッド用のものに代えて、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を35秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み10 μm の上部クラ

22

ッド層が形成された(図2(E)参照)。基板を液槽から取り出し、純水中でディップ洗浄を3分間行うことにより、膜内にわずかに残る塩分を除去し、次いで、クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。得られた光導波路を、ダイシングソーによって50mmの長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85 μm で2dB程度の透過損失であることがわかった。

【0065】実施例4

10 実施例3で作製した光導波路を200℃で15分間加熱処理をした。その後実施例3と同様に透過損失を測定したところ、1dB程度の透過損失に改善されることが分かった。さらにこの光導波路は耐溶剤性(たとえばアセトン)が改善されたが、これは前記加熱処理により高分子材料が架橋されたことに基つくと推定される。得られた光導波路は、精度が良くまたその上部は平坦であった。クラッド層が存在しない部分には、さらに同様の光電着プロセスを行うことによって光導波路やマイクロレンズアレイなどの光機能部品を形成することが可能であった。さらに光導波路上部が平坦になるため、別プロセスにより、光導波路上部に光機能部品を形成することも容易であった。

【0066】実施例5

この例では、光半導体薄膜である酸化チタンをチタンの酸化処理により形成し、(図1(D)で示す構造と同様の構造を有する光導波路を作製する例を示す。

(1) クラッド形成用電着液の調製

純水100gに、電着性高分子材料A5gと、直径5nmの常化マグネシウム微粒子(屈折率1.38)3gを分散混合し、さらに180mmol/lの割合でジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いてpH7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをクラッド形成用電着液とした。

(2) コア形成用電着液の調製

純水100gに、電着性高分子材料A5gを分散混合し、これに180mmol/lの割合でジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いてpH7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをコア形成用電着液とした。

(3) 光導波路作製基板の作製

厚さ0.5mmの金属チタン板の表面に高熱をかける酸化処理を行い、厚さ1000nmの酸化チタン層を形成し、これを光導波路作製基板とした。また、酸化チタン層以外の部分をエポキシ樹脂で絶縁した。

(4) 光導波路の作製

図8に示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、クラッド形成用電着液を電着液とし、飽和カロメル電極に対し TiO_2 電極を作用電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を3.5Vとして20秒間印

(13)

特開2002-333538

23

加したところ、 TiO_2 表面全面に厚み $1.0\text{ }\mu\text{m}$ の下部クラッド層が形成された。次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、図6に示すような山下電装製近接型露光装置(波長 365nm の光強度 $50\text{mW}/\text{cm}^2$)とコア用フォトマスクを用い、作用電極に印可するバイアス電圧を 1.8V にした状態で基板上側から電着液を通して紫外線を 70 秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み $2.0\text{ }\mu\text{m}$ のコア層が形成された。次にクラッド層とコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、図6に示すような装置で作用電極に印可するバイアス電圧を 4V として 50 秒間印可したところ、 TiO_2 表面全面に厚み $1.5\text{ }\mu\text{m}$ の上部クラッド層が形成された。基板を液槽から取り出し、純水中でディップ洗浄を 3 分間行うことにより、膜内にわずかに残る塩分を除去し、次いで、クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。得られた光導波路を、ダイシングソーによって 50mm の長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で 5dB 程度の透過損失であることがわかった。

【0067】実施例6

実施例5で作製した光導波路を 140°C で 3 分間加熱処理をした。その後実施例5と同様に透過損失を測定したところ、 2dB 程度の透過損失に改善されることが分かった。

【0068】実施例7

この例では、光半導体薄膜である酸化亜鉛を亜鉛の陽極酸化処理により形成し、(図1(D))で示す構造と同様の構造を有する光導波路を作製する例を示す。

(1) クラッド形成用電着液の調製

純水 100g に、電着性高分子材料 $A5\text{g}$ と、直径 5nm の炭化マグネシウム微粒子(屈折率 1.38) 1.5g を分散混合し、これに 180mmol/l の割合でジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いて $\text{pH}7.8$ 、導電率 $12\text{mS}/\text{cm}$ になるように調整し、これをクラッド形成用電着液とした。

(2) コア形成用電着液の調製

純水 100g に、電着性高分子材料 $A5\text{g}$ と、直径 2nm の酸化チタン微粒子(屈折率 2.5) 2.5g を分散混合し、これに 180mmol/l の割合でジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いて $\text{pH}7.8$ 、導電率 $12\text{mS}/\text{cm}$ になるように調整し、これをコア形成用電着液とした。

(3) 光導波路作製基板の作製

光導波路作製基板として、表面を陽極酸化処理して、厚み 100nm の酸化亜鉛層を積層した亜鉛板を用いた。また、酸化亜鉛層以外の部分をエポキシ樹脂で絶縁した。

(4) 光導波路の作製

図8に示す電気化学で一般的な三極式の配置において、

24

クラッド形成用電着液を電解液とし、飽和カロメル電極に対し酸化亜鉛層を作用電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を 3.5V として 20 秒間印可したところ、酸化亜鉛表面全面に厚み $1.0\text{ }\mu\text{m}$ の下部クラッド層が形成された。次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、図7に示すような定速ステージにより定速可能な He-Cd レーザー(波長 331nm の光強度 $10\text{mW}/\text{cm}^2$)を用い、作用電極に印可するバイアス電圧を 1.8V にした状態で基板上側から電着液を通して He-Cd レーザーを毎秒 1mm の速度で走査すると、酸化亜鉛表面に光が照射された領域だけ厚み $5\text{ }\mu\text{m}$ のコア層が形成された。次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、作用電極に印可するバイアス電圧を 4V として 35 秒間印可したところ、クラッド層およびコア層の表面全面に厚み $1.0\text{ }\mu\text{m}$ の上部クラッド層が形成された。基板を液槽から取り出し、純水中でディップ洗浄を 3 分間行うことにより、膜内にわずかに残る塩分を除去し、次いで、クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。得られた光導波路を、ダイシングソーによって 50mm の長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で 5dB 程度の透過損失であることがわかった。

【0069】実施例8

実施例7で作製した光導波路を 140°C で 3 分間加熱処理をした。その後実施例7と同様に透過損失を測定したところ、 2dB 程度の透過損失に改善されることが分かった。

【0070】実施例9

この例では、光電着・転写法を用いて、図3(F)と同様の構造を有する光導波路を作製する例を示す。

(1) 着膜基板の作製

厚さ 1mm のバイレックス(R)ガラス板にITOの透明導電膜をスパッタリングで 200nm 製膜し、さらに 300nm の TiO_2 をRFスパッタリング法で製膜した。 TiO_2 の上に、オレイン酸 1% 溶液(酢酸エチル溶媒)を 4000rpm で 20 秒、スピンコートすることによって、剥離層を形成した。

(2) クラッド層用およびコア層用電着液

実施例4で用いた電着液と同じ組成のものを用いた。

(3) クラッド層およびコア層の形成

実施例2と同様にして剥離層の上に、下部クラッド層-コア層-側部クラッド層-上部クラッド層を形成し(図3(B)ないし(E)参照)、基板を液槽から取り出し、純水中でディップ洗浄を 3 分間行うことにより、膜内にわずかに残る塩分を除去し、次いで、クリーンエアーで乾燥を行った。

(4) 光導波路の転写

150°C に熱した 0.5mm 厚のポリエチレンフィルムを前記光導波路表面に載せて、これらを $200\text{g}/\text{cm}$

(14)

特開2002-333538

25

の線加圧状態の2本のロールの間を線速度20mm/secで加熱加圧処理を行い、その後前記剥離層と光導波路の間で剥離し、作製した光導波路をポリエチレンフィルム上に転写させた。得られた光導波路の50mmの直線部分を切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで3dB程度の透過損失であることがわかった。

【0071】実施例10

この例では、電着・転写法を用いて、図1(D)で示す構造の光導波路を作製する例を示す。この例では、

(1) 着膜基板の作製

厚さ0.3mmのポリイミドフィルム上に、ITOの透明導電膜をスパッタリング法で200nm膜厚とし、さらに300nmのTiO₂をRFスパッタリング法で膜厚した。TiO₂の上に、シリコンオイル0.5%溶液（溶媒ヘキサン）を用いてディップコート（引き上げ速度20mm/s）を行い、剥離層を形成した。

(2) クラッド層およびコア層用電着液

実施例1で用いた電着液と同じ組成のものを用いた。

(3) クラッド層およびコア層の形成

実施例1と同様にして前記剥離層の上に、クラッド層・コア層・クラッド層を形成し、基板を液槽から取り出し、純水中でディップ洗浄を3分間行うことにより、膜内にわずかに残る塩分を除去し、次いで、クリーンエアーで乾燥を行った。

(4) 光導波路の転写

表面に接着層を乗せたプリント基板用のガラスエポキシ基板を光導波路表面に載せて、これらを100g/cmの線加圧状態の2本のロールの間を線速度20mm/secで加熱加圧処理を行い、その後前記剥離層と光導波路の間で剥離し、作製した光導波路基板をガラスエポキシ基板の上に転写させた。得られた光導波路の50mmの直線部分を切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで3dB程度の透過損失であることがわかった。

【0072】実施例11

この例では、電着・転写法により、図4(D)で示す構造の光導波路を作製する例を示す。

(1) 着膜基板の作製

厚さ3mmのバイレックス(R)ガラス板に、ITOの透明導電膜をスパッタリング法で200nm膜厚とし、常法によるエッチング処理によって形成すべきコア層と同じパターンを形成した。このパターン化ITOの上に、オレイン酸1%溶液（酢酸エチル溶媒）を4000rpmで20秒、スピンコートすることによって、剥離層を形成した。

(2) コア層の形成

実施例1と同じ組成のコア層用電着液を用い、図8に示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、コア層用電着液を電解液とし、飽和カロメル電極に対しITO膜を作用電極として利用し、作用電極に印可するバ

26

イアス電圧を3Vとして90秒間印加したところ、ITO上の領域だけ厚み30μm、幅30μmのコア層が形成された（図4(B)参照）。基板を液槽から取り出し、純水中でディップ洗浄を10分間行うことにより、膜内にわずかに残る塩分を除去し、次いで、クリーンエアーで乾燥を行った。

(3) コア層の転写

厚み0.2mmのポリエチレンフィルムをコア層表面に載せて、これらをローラー表面温度120℃に加熱し、300g/cmの線加圧状態の2本のロールの間を線速度20mm/secで加熱加圧処理を行い、その後剥離層とコア層の間で剥離させ、作製したコア層をポリエチレンフィルム上に転写させた（図4(C)参照）。さらに別途用意した厚み0.2mmのポリエチレンフィルムを転写されたコア層の上に密着させ、これをローラー表面温度170℃に加熱し、300g/cmの線加圧状態の2本のロールの間を線速度20mm/secで加熱加圧処理を行い、2枚のポリエチレンフィルムが下部および上部クラッド層を兼ねる光導波路を完成させた（図4(D)参照）。得られた光導波路の50mmの直線部分を切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで4dB程度の透過損失であることがわかった。

【0073】

【発明の効果】本発明の光導波路の形成法は、電着法および光電着法を用いるので、高電圧を印加することなく（5V以下）、微細なパターンを有する光導波路を精度よく形成することができる。また、従来の感光性樹脂を用いる光導波路の作製法では、基板に膜厚を精度よく制御して塗布する必要があり、またエッチングによりアルカリ廃液を出すなどの問題があったが、本発明によれば、光照射時間または電圧印加時間を調節することによってコア層とクラッド層の膜厚が容易に制御でき、また、パターン形成のためのエッチング処理も不用で環境に対する負荷も小さい。このように、電着法または光電着法による本発明の光導波路の作製は簡易な方法であるので、量産化が可能で、量産性が要求される光導波路型部品の製造に有利に適用可能である。その他、一般光学や微小光学分野、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等にも適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1における光導波路の形成過程を示す。

【図2】 実施例3における光導波路の形成過程を示す。

【図3】 実施例9における光導波路の形成過程を示す。

【図4】 実施例11における光導波路の形成過程を示す。

【図5】 プロジェクション露光装置を用いる光導波路

(15)

特開2002-333538

27

28

製造装置を示す。

【図6】 近接型露光装置を用いる光導波路製造装置を示す。

【図7】 定査型レーザーによる露光装置を用いる光導波路製造装置を示す。

【図8】 露光装置による光導波路製造装置を示す。

【符号の説明】

10 絶縁性基板
12 導電性薄膜

* 13

14, 32

16, 17, 20

18

30, 32, 34

71

72, 73

75

* 78

剥離層

光半導体薄膜

クラッド層

コア層

光導波路用基板

フォトマスク

結像光学レンズ

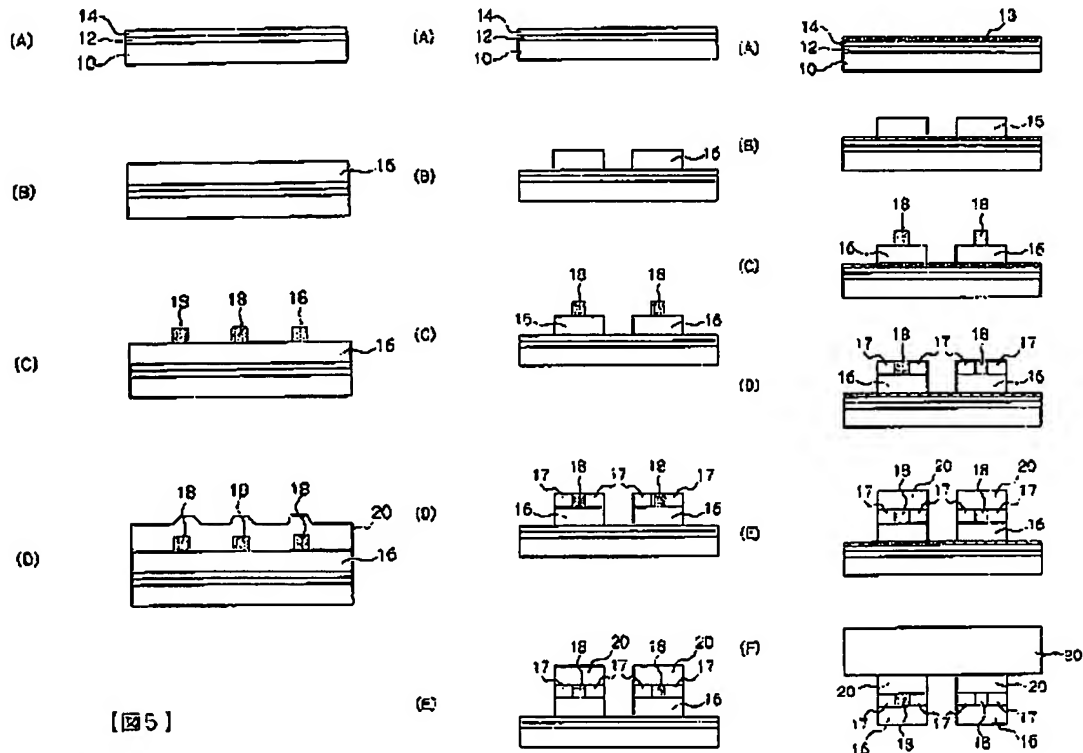
Hg-Xe均一照射光源

定査型レーザー書き込み装置

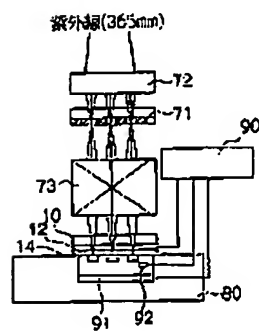
【図1】

【図2】

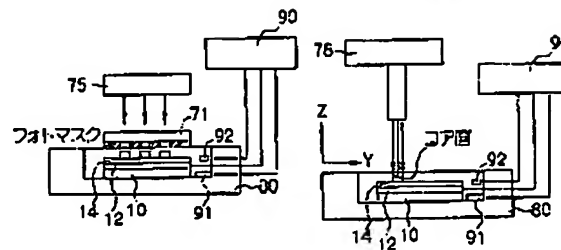
【図3】



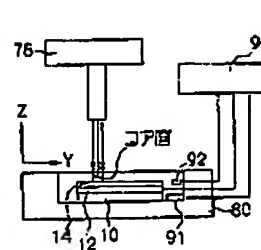
【図5】



【図6】



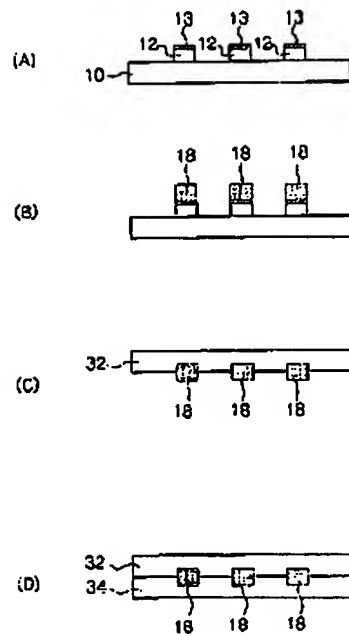
【図7】



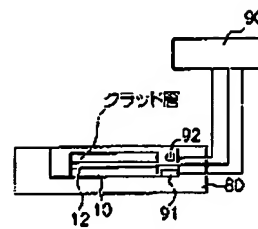
(15)

特開2002-333538

【図4】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.
G 0 2 B 6/12

識別記号

F I
G 0 2 B 6/12

キーワード(参考)

N

(72)発明者 谷田 和敏
神奈川県足柄上郡中井町境430グリーンテ
クなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 坪 英一
神奈川県足柄上郡中井町境430グリーンテ
クなかい 富士ゼロックス株式会社内
F ターム(参考) 2H047 KA03 PA01 PA28 QA05 TA43